

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

BRUNA FERNANDA SOBRINHO

DINÂMICA DA COMUNIDADE PLANCTÔNICA DURANTE UMA FLORAÇÃO DO  
DINOFLAGELADO TOXIGÊNICO DO COMPLEXO *Dinophysis acuminata* Claparède &  
Lachmann, 1859 NO SUL DO BRASIL

CURITIBA

2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

BRUNA FERNANDA SOBRINHO

DINÂMICA DA COMUNIDADE PLANCTÔNICA DURANTE UMA FLORAÇÃO DO  
DINOFLAGELADO TOXIGÊNICO DO COMPLEXO *Dinophysis acuminata* Claparède &  
Lachmann, 1859 NO SUL DO BRASIL

Dissertação apresentada como requisito à  
obtenção do grau de Mestre em Botânica,  
Programa de Pós-Graduação em Botânica, Setor  
de Ciências Biológicas, Universidade Federal do  
Paraná

Orientador: Dr. Luciano Felício Fernandes  
Co-orientador: Dr. Luiz Laureno Mafra Júnior  
(CEM/UFPR)

CURITIBA  
2020



Universidade Federal do Paraná. Sistema de Bibliotecas.  
Biblioteca de Ciências Biológicas.  
(Dulce Maria Bieniara – CRB/9-931)

Sobrinho, Bruna Fernanda

Dinâmica da comunidade planctônica durante uma floração do dinoflagelado toxigênico do complexo *Dinophysis acuminata* Claparède & Lachmann, 1859 no sul do Brasil. / Bruna Fernanda Sobrinho. – Curitiba, 2019.

131 p.: il.

Orientador: Luciano Felício Fernandes

Coorientador: Luiz Laureno Mafra Júnior

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Botânica.

1. Proliferação nociva de algas 2. Dinoflagelados 3. Herbivoria 4. Toxinas marinhas I. Título II. Fernandes, Luciano Felício III. Mafra Júnior, Luiz Laureno IV. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Botânica.

CDD (20. ed.) 589.43



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
Setor de Ciências Biológicas  
Programa de Pós-Graduação em Botânica



**Dinâmica da comunidade planctônica durante uma floração do dinoflagelado  
toxigênico do complexo *Dinophysis acuminata* Claparède & Lachmann, 1859 no  
sul do Brasil**

por

**Bruna Fernanda Sobrinho**

Dissertação aprovada como requisito parcial  
para obtenção do grau de Mestre no Programa  
de Pós-Graduação em Botânica, pela Comissão  
formada pelos doutores



\_\_\_\_\_  
Luciano Felício Fernandes



\_\_\_\_\_  
André Andrian Padial



\_\_\_\_\_  
Thiago Alves

Curitiba, 01 de novembro de 2019.



## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus orientadores pela orientação, paciência, amizade e todo o conhecimento dividido. Ao Dr. Luciano Felício Fernandes por me receber tão bem em seu laboratório, por toda a paciência para me ensinar e pelas discussões de muitas horas com muito café. Ao Dr. Luiz Mafra Jr., quem me introduziu no mundo da ciência, me orienta há tanto tempo que nem lembro quanto e é o principal responsável por eu gostar tanto de algas nocivas.

Agradeço ao CNPq pela concessão da bolsa de mestrado que possibilitou a realização deste trabalho. A SCOR e ISSHA, pelo suporte financeiro que permitiu a divulgação de parte desta dissertação no 18th International Conference on Harmful Algal Blooms.

Ao Professor Dr. Fernando Mayer do Departamento de Estatística da UFPR, por ter contribuído de forma tão significativa neste trabalho com o desenvolvimento do modelo estatístico.

Ao Professor Dr. José Bersano pela ajuda com a contagem e identificação do zooplâncton.

A técnica Liciane Silva e a professora Adriana Perretti, do Laboratório de Indicadores Geoquímicos - CEM, pela ajuda na realização das análises de nutrientes. Assim como, a técnica Maria Letícia Biavatti e a professora Katia Naomi Kuroshima, do Laboratório de Oceanografia Química da Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI), por também possibilitarem a realização das análises de nutrientes.

Aos alunos, professores e técnicos de Centro de Estudo do Mar (CEM/UFPR) que durante todo o evento de floração não pouparam esforços para nos ajudar coletando amostras.

Aos meus colegas do Laboratório de Microalgas (LAMIC/CEM), por auxiliarem na coleta e processamento das amostras e, principalmente, pelo companherismos e pelas muitas risadas. Em especial, a grande amiga Paula Noll, por toda a diversão e incentivo nos momentos de desespero. E ao Thiago Alves, por toda a parceria, incentivo e conversas científicas durante este processo.

Aos meus colegas do Laboratório de Ficologia (UFPR) por me receberem tão bem em Curitiba e fazer com que eu me sinta em casa, mesmo longe do mar ou do interior.

Em especial, aos meus pais e irmão, por serem exemplos de vida. Por todo amor, apoio, incentivo e patrocínio. Sem eles, nada disso seria possível.

Aos meus grandes amigos por serem quem são na minha vida, por estarem em constante evolução comigo e, principalmente, por me ajudarem a viver a vida de forma mais leve.

A todas as pessoas que não foram citadas, mas que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

E a Deus, pela vida!

*“O que fazer com esse mar, se não abrir os braços e navegar?”  
(Hamilton Faria)*



## RESUMO

Uma floração excepcionalmente intensa do dinoflagelado mixotrófico do complexo *Dinophysis acuminata* desenvolveu-se em águas costeiras no estado do Paraná em junho de 2016, contaminando moluscos e afetando a economia da região. Este trabalho relata a dinâmica da comunidade planctônica durante o desenvolvimento da maior floração de *Dinophysis* já reportada para esta espécie. A análise das imagens de satélite de temperatura da superfície do mar e as baixas salinidades detectadas indicaram que esta floração foi transportada pela pluma do rio Prata no Uruguai a partir de maio de 2016, influenciando o litoral do Paraná em junho. As variáveis ambientais e biológicas que influenciaram significativamente a distribuição da floração foram discriminadas através da aplicação de modelo hierárquico bayesiano espaço-temporal. Como resultado, foi observado que as menores velocidades do vento e as baixas salinidades influenciaram significativamente na distribuição espacial de *Dinophysis*. Houve uma grande variação no tamanho celular de *Dinophysis* (15–55  $\mu\text{m}$ ) durante a floração. Em conjunto, as células menores do que 30  $\mu\text{m}$  observadas ao longo de todo o período amostral, as células com placas dissimilares e o possível cisto reportado no final do evento são evidências de que *Dinophysis* estava se reproduzindo sob condições sub-ótimas. Durante o transporte da floração pela pluma do Prata sobre a plataforma paranaense, suas águas apresentaram grande influência sobre a comunidade planctônica autóctone, indicando um efeito de substituição de espécies. Nossos resultados mostraram uma predominância de organismos mixotróficos e heterotróficos (como *Ceratium* spp., *Gyrodinium* sp, *Protoperdinium* spp.), diferentemente do que normalmente se encontra na região durante este período, ou seja, uma comunidade planctônica dominada por diatomáceas e espécies autotróficas de dinoflagelados. O complexo *D. acuminata* foi o táxon mais abundante no microplâncton, atingindo densidades recordes de até  $5 \times 10^6 \text{cél.L}^{-1}$ . Células de *Dinophysis* foram reportadas no interior de *N. scintillans*, ciliados, pelotas fecais e, pela primeira vez, em *Gyrodinium* sp, e foram significativamente relacionadas entre si. Em conjunto, os registros da ingestão de células de *Dinophysis* por outros organismos, as relações estatísticas entre as densidades destes organismos e a de *Dinophysis*, e a detecção de toxinas em organismos maiores que 300  $\mu\text{m}$  evidenciam, ao menos parcialmente, o papel dessas espécies na finalização desta floração e/ou na transferência de toxinas para os níveis tróficos superiores.

Palavras-chave: floração de algas nocivas, dinoflagelados tóxicos, ácido ocadáico, mixotrofia, herbivoria

## ABSTRACT

An exceptionally intense bloom of the mixotrophic dinoflagellate *Dinophysis acuminata* complex reached the state of Paraná in June 2016, contaminating the biota and affecting the regional economy. This study reports the dynamic of the planktonic community during the development of the largest bloom of *Dinophysis* ever reported worldwide. Analysis of sea surface temperature satellite images and the low salinity detected during the period indicated that this bloom was transported by the Plata Plume in Uruguay during May 2016, influencing the coast of Paraná in June. Environmental and biological variables that significantly influenced the bloom distribution were determined using a bayesian spatio-temporal hierarchical model. As a result, it was observed that lower wind speeds and low salinities significantly influenced *Dinophysis* spatial distribution. There was a large variation in cell size of *Dinophysis* (15–55 µm) during the bloom. Taken together, the cells smaller than 30 µm observed over the entire sample period, the cells with dissimilar plaques and the possible cyst reported at the end of the event are strong evidence that *Dinophysis* was reproducing under suboptimal conditions. The Plata Plume, responsible for the transportation of the bloom of *Dinophysis* on the Paraná platform, had a great influence on the autochthonous planktonic community, indicating a specie substitution effect. Our results showed a predominance of mixotrophic and heterotrophic organisms (such as *Ceratium* spp., *Gyrodinium* sp, *Protoperidinium* spp.), unlike what is normally reported in the region during this period, that is a planktonic community dominated by diatoms and autotrophic dinoflagellate species. The *D. acuminata* complex was the most abundant taxon in the microplankton, reaching record densities of up to  $5 \times 10^6 \text{ céL.L}^{-1}$ . *Dinophysis* cells were reported inside *N. scintillans*, ciliates, fecal pellets and, for the first time, in *Gyrodinium* sp. These evidence of grazing, along with the statistical relationships between the densities of these organisms and *Dinophysis*, and the detection of toxins in organisms larger than 300 µm, indicates at least partially the role of these species in the completion of this bloom and/or in the transfer of toxins to the upper trophic levels.

Key words: harmful algal bloom, toxic dinoflagellate, okadaic acid, mixotrophie, grazing



## LISTA DE FIGURAS

FIG. 1 MAPA COM OS PONTOS AMOSTRAIS DE FITOPLÂNCTON NOS SETORES BAÍA DE GUARATUBA (BG), COMPLEXO ESTUARINO DE PARANAGUÁ (CEP) E NAS ÁGUAS NERÍTICAS ADJACENTES (AN) .....	24
FIG. 2 FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA PÓS-COLETA DAS AMOSTRAS SUB-SUPERFICIAIS DE ÁGUA DO MAR E DO ZOOPLÂNCTON .....	25
FIG. 3. MALHA CONSTRUÍDA POR TRIANGULAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	33
FIG. 4 VELOCIDADE ( $\text{m.s}^{-1}$ ) E DIREÇÃO DO VENTO, PRECIPITAÇÃO ACUMULADA (BARRAS VERTICAIS; EM mm) E TEMPERATURA DO AR (CÍRCULOS; EM °C) ENTRE OS DIAS 14 DE JUNHO E 13 DE AGOSTO DE 2016. ....	35
FIG. 5 DISTRIBUIÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DOS NUTRIENTES ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) DURANTE TRÊS PERÍODOS DISTINTOS: (1) DESENVOLVIMENTO DA FLORAÇÃO (14–25/06), (2) FASE FINAL DA FLORAÇÃO (27–30/06) E (3) PERÍODO PÓS-FLORAÇÃO (01/07–10/08). ....	38
FIG. 6 TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR (TSM) ENTRE OS MESES MAIO E AGOSTO DE 2016 PARA AS LATITUDES 21°S A 37°S. A ÁREA DE ESTUDO ESTÁ INDICADA NAS IMAGENS.....	39
FIG. 7 DISTRIBUIÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE CLOROFILA- <i>a</i> ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) NOS SETORES BAÍA DE GUARATUBA (BG), COMPLEXO ESTUARINO DE PARANAGUÁ (CEP) E ÁGUAS NERÍTICAS (AN) DURANTE TRÊS PERÍODOS DISTINTOS: (1) DESENVOLVIMENTO DA FLORAÇÃO (14–25/06), (2) FASE FINAL DA FLORAÇÃO (27–30/06) E (3) PERÍODO PÓS-FLORAÇÃO (01/07–10/08). ....	40
FIG. 8 FLORAÇÃO DE DINOFLAGELADOS DO COMPLEXO <i>Dinophysis acuminata</i> : (A) IMAGEM AÉREA DA ÁREA AFETADA E (B) FOTOMICROGRAFIA A 200× DE AUMENTO.....	41
FIG. 9 VARIAÇÃO NO COMPRIMENTO DAS CÉLULAS DO COMPLEXO <i>Dinophysis acuminata</i> ( $\mu\text{m}$ ) AO LONGO DO PERÍODO AMOSTRADO .....	43
FIG. 10 CÉLULAS DO COMPLEXO <i>Dinophysis acuminata</i> COM DIFERENTES TAMANHOS CELULARES (A), CÉLULAS COM PLACAS HIPOTECASIS RECÉM FORMADAS INDICADAS PELAS SETAS (B e C), CÉLULA COM FORMAÇÃO TIPO-CISTO (D). BARRAS DE ESCALA: 50 $\mu\text{m}$ EM A, B e D, E 10 $\mu\text{m}$ EM C. ....	44
FIG. 11 RELAÇÃO ENTRE AS DENSIDADES MÉDIAS DE CÉLULAS DO COMPLEXO <i>Dinophysis acuminata</i> , DO TOTAL DE DIATOMÁCEAS E DE DINOFLAGELADOS AO	

LONGO DOS DIAS AMOSTRADOS NOS SETORES BAÍA DE GUARATUBA (BG), COMPLEXO ESTUARINO DE PARANAGUÁ (CEP) E ÁGUAS NERÍTICAS. .... 46

FIG. 12 TÁXONS PRESENTES NAS AMOSTRAS: A – *Ceratium* spp, B e C – Ciliados spp. D – *Torodinium rubrum*, E – *Prorocentrum micans*, F – *P. minimum*, G – *Thalassiosira* sp., H – *Prorocentrum* sp. 2, I – *Prorocentrum scutellum*, J – Dinoflagelado não identificado, K – Cocolitoforídeo sp. BARRA DE ESCALA: 50  $\mu\text{m}$  EM A,B,C,H, I e K; 20  $\mu\text{m}$  EM D, E, F, G e J. .... 48

FIG. 13 CONTRIBUIÇÃO MÉDIA DIÁRIA DOS MICRORGANISMOS MIXOTRÓFICOS, HETEROTRÓFICOS E AUTOTRÓFICOS (%) NO PLÂNCTON, ENTRE OS DIAS 14 DE JUNHO E 10 DE AGOSTO DE 2016. .... 50

FIG. 14 CÉLULAS DO COMPLEXO *Dinophysis acuminata* (INDICADAS PELAS SETAS) NO INTERIOR DE: (A e B) *Gyrodinium* spp., (C) PELOTAS FECAIS DE ZOOPLÂNCTON, (D e E) CILIADOS, E (F) ADERIDA A UM INDIVÍDUO DE *Protoperdinium* sp. BARRA DE ESCALA: 50  $\mu\text{m}$  EM A,B,C,E e F; 20  $\mu\text{m}$  EM D. .... 53

FIG. 15 CÉLULAS DO COMPLEXO *Dinophysis* NO INTERIOR DE ESTRUTURAS TIPO “PALLIUM”. BARRA DE ESCALA: 50  $\mu\text{m}$  ..... 54

FIG. 16 DINOFLAGELADO HETEROTRÓFICO *Noctiluca scintillans* CONTENDO CÉLULAS (INDICADAS PELAS SETAS) DO COMPLEXO *Dinophysis acuminata* (A e B), *Ostreopsis* sp. (C), E *Prorocentrum* sp. (D), ALÉM DE UM COPEÓDE INTEIRO (E), DE UMA GRANDE CÉLULA DE *Coscinodiscus* sp. E DE UMA PELOTA FECAL DE COPEÓDE (F). .... 55

FIG. 17 CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE ÁCIDO OCADÁICO (AO) NO SÉSTON E DENSIDADE MÉDIA DO COMPLEXO *Dinophysis acuminata* AO LONGO DOS DIAS AMOSTRADOS NOS SETORES BAÍA DE GUARATUBA, COMPLEXO ESTUARINO DE PARANAGUÁ E ÁGUAS NERÍTICAS. .... 58

FIG. 18 PREDIÇÃO DO EFEITO ESPACIAL NA DISTRIBUIÇÃO DA DENSIDADE DE CÉLULAS DO COMPLEXO *Dinophysis acuminata* NOS SETORES BAÍA DE GUARATUBA (BG), BAÍA DE PARANAGUÁ (BP) E ÁGUAS NERÍTICAS (AN) DURANTE TRÊS PERÍODOS DISTINTOS: (1) DESENVOLVIMENTO DA FLORAÇÃO (14–25/06), (2) FASE FINAL DA FLORAÇÃO (27–30/06) E (3) PERÍODO PÓS-FLORAÇÃO (01/07–10/08). AS MAIORES DENSIDADES PREVISTAS ESTÃO REPRESENTADAS PELAS CORES ASSOCIADAS AOS VALORES POSITIVOS NAS BARRAS DE ESCALA. .... 58



FIG. 19 DIAGRAMA DAS INTERAÇÕES TRÓFICAS ENTRE ORGANISMOS AUTOTRÓFICOS (BRANCO), MIXOTRÓFICOS (PRETO) E HETEROTRÓFICOS (CINZA). AS LINHAS PRETAS REPRESENTAM INTERAÇÕES REPORTADAS NESTE TRABALHO E AS PONTILHADAS REPRESENTAM OS TRABALHOS REFERENCIADOS ABAIXO ..... 70

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 VARIÁVEIS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS TESTADAS NO MODELO.... 33

TABELA 2. TÁXONS MAIS FREQUENTES NOS SETORES BAÍA DE GUARATUBA, BAÍA DE PARANAGUÁ E ÁGUAS NERÍTICAS E NA SOMA DAS AMOSTRAS DE TODOS OS SETORES (GERAL). A MAIOR ABUNDÂNCIA É RELATIVA A APENAS UMA AMOSTRA E A FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA CONSIDERA TODAS AS AMOSTRAS ANALISADAS. A TABELA INCLUI APENAS TÁXONS COM FREQUÊNCIAS SUPERIORES A 50% EM PELO MENOS UM SETOR..... 47

TABELA 3. DENSIDADES MÉDIAS (CÉLS.L<sup>-1</sup>), COM VALORES MÍNIMOS E MÁXIMOS ENTRE PARÊNTESES, DE MICRORGANISMOS AUTOTRÓFICOS, MIXOTRÓFICOS E HETEROTRÓFICOS NOS SETORES BAÍAS DE GUARATUBA E PARANAGUÁ E ÁGUAS NERÍTICAS DURANTE O PERÍODO DE COLETA (13 DE JUNHO A 10 DE AGOSTO DE 2016). ..... 51

TABELA 4 VARIÁVEIS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS QUE APRESENTARAM RELAÇÕES DIRETAS (SINAIS POSITIVOS) E INVERSAS (SINAIS NEGATIVOS) COM AS DENSIDADES CELULARES DO COMPLEXO *D. acuminata*. RESULTADOS ESTATÍSTICOS GERADOS PELO MELHOR MODELO HIERÁRQUICO BAYESIANO ESPAÇO-TEMPORAL: THETA 1 É A VARIÂNCIA MARGINAL DA FUNÇÃO DE CORRELAÇÃO MATERM, THETA 2 É O ALCANÇE DA DEPENDÊNCIA ESPACIAL, E GROUPRHO É A CORRELAÇÃO TEMPORAL ..... 60

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC	- Água Costeira
ACAS	- Água Central do Atlântico Sul
AIA	- Água Intermediária Antártica
AN	- Águas Neríticas
AO	- Ácido ocadáico
AT	- Água Tropical
BG	- Baía de Guaratuba
CB	- Corrente do Brasil
CEP	- Complexo Estuarino de Paranaguá
CM	- Corrente das Malvinas
CTD	- do inglês, Conductivity, Temperature e Depth
DSP	- do inglês, Diarrheic Shellfish Poisoning
DTX	- Dinofisistoxinas
FANs	- Floração de algas nocivas
GLM	- do inglês, Generalized Linear Model
HPLC	- Cromatografia Líquida de Alto Rendimento
INLA	- do inglês, Integrated Nested Laplace Approximation
LC-MS/MS	- Cromatografia Líquida acoplado ao Espectrômetro de Massas
LD	- Limite de detecção
MODIS	- do inglês, Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
PCSE	- Plataforma Continental Sudeste
PNCMB	- Programa Nacional de Controle Higiênico Sanitário de Moluscos Bivalves
PTX	- Pectenotoxinas
SIMEPAR	- Sistema Meteorológico do Paraná
SMI	- do inglês, Standard Mapped Image
SPDE	- do inglês, Stochastic Partial Differential Equation
TSM	- Temperatura da Superfície do Mar

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	16
2. OBJETIVOS.....	21
2.1 Objetivo geral .....	21
2.2 Objetivos específicos.....	21
3. ÁREA DE ESTUDO .....	22
3.1 Situação geográfica e socio-econômica.....	22
3.2 Clima .....	22
3.3 Caracterização oceanográfica.....	23
4. METODOLOGIA.....	24
4.1 Amostragem .....	24
4.2 Dados meteorológicos.....	26
4.3 Parâmetros físico-químicos da água.....	26
4.3.1 Salinidade.....	26
4.3.2 Nutrientes .....	26
4.4 Temperatura da Superfície do Mar (TSM) .....	27
4.5 Concentração de clorofila-a .....	27
4.6 Análise quali-quantitativa do fitoplâncton.....	27
4.7 Análise quali-quantitativa do zooplâncton.....	28
4.8 Quantificação de toxinas.....	29
4.8.1 Toxinas no séston.....	29
4.8.2 Toxinas no zooplâncton.....	29
4.9 Análise dos dados.....	30
4.9.1 Modelo hierárquico bayesiano espaço-temporal.....	30
4.9.2 Interpolação dos dados.....	34
5. RESULTADOS .....	35
5.1 Condições atmosféricas durante o período estudado.....	35
5.2 Parâmetros físico químicos da água.....	36
5.3 Temperatura da Superfície do Mar.....	39
5.4 Concentração de clorofila-a .....	40
5.5 Abundância de células do complexo <i>Dinophysis acuminata</i> .....	41
5.5.1 Distribuição espaço-temporal do complexo <i>D. acuminata</i> .....	41
5.5.2 Tamanho das células do complexo <i>D. acuminata</i> .....	42
5.6 Composição e abundância da assembleia planctônica.....	45
5.7 Ingestão de microalgas por microrganismos heterotróficos.....	52
5.8 Assembleia zooplanctônica.....	56

5.9 Toxinas.....	56
5.9.1 Toxinas no séston .....	56
5.9.2 Toxinas no zooplâncton.....	57
5.10 Relações entre a abundância do complexo D. acuminata e as variáveis testadas no modelo estatístico .....	59
5.11. Predição da distribuição espacial do complexo D. acuminata.....	60
6. DISCUSSÃO.....	59
6.1 Evolução espaço-temporal da floração do complexo Dinophysis acuminata ao longo da costa sul e sudeste do Brasil .....	59
6.2 Relações entre os fatores ambientais e a distribuição de Dinophysis no Paraná .....	62
6.3 Diferenças no tamanho celular de Dinophysis .....	64
6.4 Assembleia planctônica.....	66
6.5 Ingestão de células de Dinophysis e acúmulo de toxinas por organismos planctônicos.....	71
7. Conclusão .....	74
8. Referências.....	75
9. Anexos.....	86
9.1 Coordenadas geográficas dos pontos de coleta para fitoplâncton na Baía de Guaratuba (BG), Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP) e Águas neríticas (AN) realizadas entre junho e agosto de 2016.....	86
9.2 Valores de salinidade e concentração de nutrientes ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) nos pontos amostrais na Baía de Guaratuba (BG), Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP) e Águas neríticas (AN) realizadas entre junho e agosto de 2016 .....	89
9.3 Densidade celular ( $\text{cél.L}^{-1}$ ) fitoplanctônica contadas nas amostras da Baía de Guaratuba (BG), Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP) e Águas neríticas (AN) realizadas entre junho e agosto de 2016 .....	92
9.4 Concentração de Ácido Ocodáico( $\text{ng.L}^{-1}$ ) nas amostras da Baía de Guaratuba (BG), Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP) e Águas neríticas (AN).....	128

## 1. INTRODUÇÃO

Os ecossistemas marinhos são majoritariamente sustentados por organismos fitoplantônicos que, além de constituírem a base da teia trófica, desempenham um importante papel na produção de oxigênio e regulação do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) na atmosfera. A comunidade do fitoplâncton abrange organismos autotróficos, heterotróficos e mixotróficos, que podem ser classificados de acordo com sua classe de tamanho, como por exemplo, em picoplâncton (0,2–2 µm), nanoplâncton (2–20 µm) e microplâncton (20–200 µm) (SIEBURTH et al. 1978). Determinadas espécies autotróficas e mixotróficas podem atingir um elevado crescimento populacional quando expostas a condições favoráveis tais como disponibilidade de nutrientes e valores adequados de temperatura da água, salinidade e intensidade luminosa (VAN DOLAH, 2000).

Aumentos expressivos periódicos na abundância celular das microalgas (i.e., florações) são parte natural do ciclo sazonal desses organismos nos ecossistemas marinhos e podem significar um aporte benéfico de biomassa para seus consumidores, incluindo a porção heterotrófica do fitoplâncton. Em alguns casos, denominadas florações de algas nocivas (FANs), tais eventos podem causar efeitos deletérios ao ambiente e à saúde pública, em decorrência do acúmulo de biomassa ou pela produção de toxinas. Além disso, as FANs estão geralmente associadas a impactos socioeconômicos relacionados à interferência nos usos recreacionais e comerciais dos ambientes costeiros, e/ou decorrentes da contaminação de organismos marinhos com valor comercial (GLIBERT et al., 2005; MARTÍNEZ et al., 2017).

Acredita-se que toda região costeira do nosso planeta já tenha sido afetada pelo desenvolvimento de FANs. Apesar de serem considerados fenômenos naturais, nos últimos trinta anos houve um aumento na ocorrência, tanto em frequência e intensidade quanto em abrangência geográfica (LASSUS et al., 2016). As principais explicações para essa expansão incluem o avanço no conhecimento científico com respeito à diversidade de espécies e seus compostos tóxicos; o aumento da utilização das águas costeiras para a aquicultura, gerando maior registro de casos de intoxicação; a intensificação de florações por eutrofização artificial e/ou por condições climáticas incomuns; e o transporte de algas nocivas por correntes oceânicas durante eventos climáticos extremos ou por água de lastro de navios (HALLEGRAEFF et al., 2003).

Apesar de estarem geralmente associados à biomassa elevada, em casos especiais, mesmo baixas abundâncias celulares de algas nocivas já podem causar problemas (ANDERSON et al., 2012). Este é o caso, por exemplo, de algumas espécies de dinoflagelados



do gênero planctônico *Dinophysis* (Ehrenberg, 1839), que podem se tornar nocivas mesmo em densidades menores do que 200 cél.L<sup>-1</sup>, devido à quantidade de toxinas lipofílicas que cada célula pode conter e à toxicidade associada (YASUMOTO et al., 1980). O gênero *Dinophysis* abrange uma grande diversidade de espécies com ampla distribuição geográfica. Estes dinoflagelados tecados possuem representantes heterotróficos, mixotróficos e fotoautotróficos, o que torna as investigações sobre a fisiologia e interações ecológicas ainda mais desafiantes (revisado em REGUERA et al., 2012).

A capacidade de produzir toxinas, bem como o perfil de toxinas produzidas, varia entre as diferentes espécies de *Dinophysis*, tornando importante sua correta identificação taxonômica baseada na caracterização morfológica das células. As células de *Dinophysis* apresentam três regiões: a epiteca, o cingulo e a hipoteca (REGUERA, 2003). Devido a posição do cingulo, as duas placas da hipoteca ocupam a maior parte da teca e estas podem apresentar uma morfologia muito variável, podendo conter prolongações como projeções ou processos na região antapical (REGUERA 2003; REGUERA et al., 2012). As principais características para diferenciar *Dinophysis* spp. são o tamanho e a forma das células, presença ou ausência de cloroplastos, padrão e ornamentação das placas tecaais e as características da lista sulcal esquerda (LARSEN; MOESTRUP, 1992). Entretanto, um fator complicador na identificação de algumas espécies de *Dinophysis* é a variação morfológica interespecífica observada em populações submetidas às condições ambientais especiais, ou decorrentes de um ciclo de vida polimórfico, da fase do ciclo de vida e, até mesmo, de seu comportamento alimentar (REGUERA E GONZÁLES-GIL, 2001). Além disso, as similaridades morfológicas compartilhadas entre algumas espécies podem dificultar ainda mais na identificação, como é o caso do complexo taxonômico composto pelas espécies *Dinophysis acuminata*, *Dinophysis ovum* e *Dinophysis sacculus*. As técnicas moleculares atualmente disponíveis (e.g. RAHO et al., 2008; CAMPBELL et al., 2010; EDVARDESEN et al., 2013) também têm se mostrado insuficientes para a distinção genética destas espécies. Desta forma, adota-se normalmente o termo “complexo *Dinophysis acuminata*” para nomear este grupo taxonômico, que é cosmopolita e está envolvido na maioria dos eventos nocivos registrados em diferentes regiões do mundo (revisto por REGUERA et al., 2014).

Há uma variedade de fatores bióticos e abióticos que podem causar o aumento nas taxas de crescimento populacional de espécies nocivas de *Dinophysis*. Para o complexo *D. acuminata*, por exemplo, o elevado grau de estabilidade da coluna d'água e a disponibilidade de presas parecem ser determinantes para o aumento da abundância celular (MAFRA et al., 2015; TIBIRIÇÁ et al., 2015). Estes dinoflagelados são mixotróficos obrigatórios, sendo

capazes de realizar fotossíntese mediante o sequestro de plastídeos (cleptoplastia) de sua presa principal, o ciliado *Mesodinium rubrum* (PARK et al., 2006). A mucilagem e compostos tóxicos liberados pelas células de *Dinophysis* spp. na água parecem estar envolvidos no processo de captura das suas presas (MAFRA et al., 2016a). Entretanto, pouco se conhece a respeito do efeito destas substâncias sobre outros organismos planctônicos. Da mesma forma, o papel de outros organismos planctônicos mixo- ou heterotróficos na transferência de toxinas produzidas por *Dinophysis* ao longo da teia trófica precisa ser melhor compreendido, já que células contendo toxinas podem ser ingeridas por outros dinoflagelados (JACOBSON E ANDERSON, 1996; ESCALERA et al., 2007) e por copépodes (MANEIRO et al., 2000, 2002), por exemplo.

Densidades celulares elevadas de *Dinophysis* têm sido registradas em áreas de cultivo de moluscos bivalves no sul do Brasil, principalmente em enseadas e baías, ao longo da última década. As espécies tóxicas de *Dinophysis* produzem dois grupos de toxinas lipossolúveis com diferentes atividades biológicas: (i) o ácido ocadáico (AO) e seus análogos, as dinofisistoxinas, DTX-1 e DTX-2; e (ii) as pectenotoxinas (PTX) (YASSUMOTO et al., 1985). Estas toxinas se acumulam nos tecidos dos moluscos bivalves durante sua alimentação por filtração de partículas em suspensão. Quando ingeridos em grandes quantidades por consumidores humanos ( $0,6\text{--}0,7\ \mu\text{g kg}^{-1}$  de peso corporal; DOMINGUEZ et al., 2010), estes compostos podem levar ao envenenamento diarreico por consumo de mariscos (DSP), provocando distúrbios gastrointestinais severos, sobretudo em regiões temperadas e subtropicais. (REGUERA et al., 2012; 2014). Além disso, a exposição contínua à AO pode causar alterações no DNA e componentes celulares, no sistema imunológico e nervoso, no desenvolvimento embrionário e até mesmo induzir diferentes tipos de câncer em humanos (VALDIGLESIAS et al., 2013).

Desde 2012, o estado de Santa Catarina vem desenvolvendo um eficiente programa de monitoramento de algas nocivas e ficotoxinas, limitando os impactos das FANs à saúde humana e à economia regional. O estado detém 95% da produção nacional de bivalves (13 mil toneladas por ano), que sustenta em média 2.000 famílias e gera renda de aproximadamente 67 milhões de reais anuais. O impacto das florações nesta região pode ser exemplificado pelo decréscimo de 10,9% na produção de ostras e mexilhões em 2017, causado principalmente pelos longos períodos de FANs que, além de restringirem a comercialização, causaram uma depreciação do produto (SANTOS e GIUSTINA, 2018). Densidades celulares do complexo *D. acuminata* e concentrações de toxinas acima dos níveis considerados seguros para saúde humana –  $1.000\ \text{cél.L}^{-1}$  e  $0,16\ \text{mg AO eq/Kg}^{-1}$ , respectivamente (PROENÇA & SCHRAMM,

2013) – têm sido registradas em várias fazendas marinhas ao longo da costa de Santa Catarina. Por exemplo, em 2016, foram reportadas densidades de até  $4,3 \times 10^5$  cél.L<sup>-1</sup> associadas com elevada contaminação de molusco *Perna perna* (578,4 µg OA.Kg<sup>-1</sup>) na enseada de Armação do Itapocorói (ALVES e MAFRA, 2018). Antes disso, durante outra floração do complexo *D. acuminata* (até  $5,2 \times 10^4$  cél.L<sup>-1</sup>) em 2007, aproximadamente 150 casos de intoxicação por DSP foram registrados na Baía de Tijucas (PROENÇA et al., 2007). Mais ao norte, no estado do Paraná, bioensaios com camundongos indicaram níveis impróprios de toxinas diarreicas em moluscos comerciais, associados à ocorrência de até 4.566 cél.L<sup>-1</sup> do complexo *D. acuminata* na Baía de Paranaguá em 2002 (MAFRA et al., 2006). Desde então, a presença de concentrações baixas a moderadas de toxinas diarreicas em ostras *Crassostrea* spp., mexilhões *Perna perna*, polvos *Octopus vulgaris* e peixes filtradores foi confirmada analiticamente em outras ocasiões nas Baías de Paranaguá e Guaratuba, associadas a presença de até  $\sim 2 \times 10^4$  cél.L<sup>-1</sup> de *Dinophysis* spp. (MAFRA et al., 2014; 2015).

Em maio de 2016, uma floração massiva do dinoflagelado pertencente ao complexo *D. acuminata* atingiu toda a costa sul do Brasil, levando à interrupção na extração e consumo de mexilhões no estado de Santa Catarina por 55 dias, e causando prejuízos estimados de R\$12 milhões à economia regional (PROENÇA et al., 2017). Neste período, densidades celulares elevadíssimas foram observadas nas áreas de cultivo de moluscos (até  $5,8 \times 10^5$  cél.L<sup>-1</sup>), associadas ao acúmulo de toxinas diarreicas em bivalves em níveis superiores aos recomendados para o consumo humano seguro (PROENÇA et al., 2017). A partir de junho, esta floração estendeu-se ao norte para o estado do Paraná, onde alcançou as maiores abundâncias celulares já reportadas para este gênero no mundo (MAFRA et al., 2016b). A área afetada durante cerca de dois meses por esta floração massiva foi de aproximadamente 200 Km<sup>2</sup>. Seu impacto propagou-se ao longo da cadeia alimentar mediante a transferência de toxinas para consumidores primários e secundários tanto na comunidade planctônica como na bentônica (MAFRA et al., 2019). Casos de intoxicação foram reportados por pessoas que consumiram moluscos contaminados, e pelo menos cinco casos de pacientes hospitalizados com sintomas típicos de DSP foram indubitavelmente ligados ao consumo de mexilhões contaminados por AO, conforme análise dos restos da refeição suspeita. Uma das consequências desta floração foi a primeira proibição de colheita de ostras no estado do Paraná, decretada no dia 29 de junho de 2016 (MAFRA et al., 2016b).

O presente trabalho visa investigar, ao longo da costa paranaense, a distribuição espaço-temporal da comunidade planctônica durante este evento específico, discutindo as principais condições ambientais que possam ter influenciado na distribuição e no término desta floração

excepcionalmente intensa na região. A investigação aborda, sobretudo as interações tróficas entre os micro-organismos planctônicos, e o possível papel dos consumidores de *Dinophysis* na finalização do evento e/ou na transferência de toxinas para níveis superiores da cadeia trófica. O trabalho busca, desta forma, servir como base para se avaliar – de uma forma mais abrangente – os potenciais impactos ecológicos e econômicos em regiões afetadas por florações nocivas deste dinoflagelado ao redor do globo.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

Investigar a variação espaço-temporal na abundância do dinoflagelado pertencente ao complexo *Dinophysis acuminata* durante a floração que atingiu o estado do Paraná a partir de junho de 2016, buscando determinar as condições ambientais que causaram as oscilações observadas e sua influência sobre a dinâmica da comunidade planctônica.

### 2.2 Objetivos específicos

- Investigar as correlações entre a densidade celular do complexo *D. acuminata* e a variação espaço-temporal dos parâmetros meteorológicos e oceanográficos durante a floração;
- Investigar as relações tróficas entre o complexo *D. acuminata* e a comunidade fito- e zooplanctônica, através de correlações entre a abundância de *Dinophysis* e de outros táxons.
- Gerar evidências de potenciais vetores alternativos de toxinas diarreicas dentre a comunidade planctônica, tais como a presença de toxinas e/ou células de *Dinophysis* no interior de organismos planctônicos mixo- ou heterotróficos.

### 3. ÁREA DE ESTUDO

#### 3.1 Situação geográfica e socio-econômica

O litoral do Paraná possui aproximadamente 107 km de extensão, com limite ao norte no canal do Varadouro (25°12'S) e ao sul na foz do rio Saí-Guaçu (25°58'S), cobrindo uma área de 6049 km<sup>2</sup> entre o oceano Atlântico e a Serra do Mar (ANDRIGUETTO-FILHO et al., 2009). Sua planície litorânea possui dois corpos d'água principais: a Baía de Guaratuba (BG) (área de 50,19 km<sup>2</sup>) e o Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP) (612 km<sup>2</sup>).

A atividade pesqueira na região é de pequena escala, assim como a produção e comercialização de ostras nativas pelas comunidades que habitam o CEP e a BG (MENDONÇA et al., 2017). Apesar da maricultura ter se mostrado importante para o futuro das comunidades, com bom potencial de expansão nos próximos anos, e da existência de um Programa Nacional de Controle Higiênico Sanitário de Moluscos Bivalves – PNCMB desde 2012 (BRASIL, 2012), ainda não há um programa regular de monitoramento de microalgas nocivas e toxinas em operação no estado.

#### 3.2 Clima

O clima na região litorânea do Paraná, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa: subtropical úmido mesotérmico com verão quente (BIGARELLA, 1978). A temperatura média anual é de 21,5°C e a pluviosidade média pode atingir mais de 2000 mm.ano<sup>-1</sup> (ANGULO et al., 2009). A região é caracterizada pela ocorrência de um período chuvoso, que se inicia na primavera e dura a maior parte do verão, e um período mais seco, que começa no final do outono e permanece até o final do inverno. Os meses mais chuvosos são janeiro, fevereiro e março, enquanto as menores taxas de precipitação atmosférica ocorrem de junho a agosto (LANA et al., 2001). Durante o verão, os ventos predominantes sobre a região costeira (situada entre 15°S e 35°S) são provenientes dos quadrantes leste-nordeste, enquanto que, durante o inverno a região é mais afetada por ventos predominantes de oeste-sudeste (CASTRO et al., 2006).



### 3.3 Caracterização oceanográfica

A região de estudo está incluída na Plataforma Continental Sudeste (PCSE), delimitada ao norte por Cabo Frio (23°S) no Rio de Janeiro e ao sul pelo Cabo de Santa Marta (28°S) em Santa Catarina (CASTRO, 1990). A circulação d'água da maior parte da PSCE, em diferentes escalas de tempo, é regida pelos ventos, marés e precipitação atmosférica, e está diretamente relacionada à dinâmica sazonal da Corrente do Brasil (CB) (CASTRO et al., 2006). A região da CB é composta pelas seguintes massas de água: i) Água Costeira (AC) – temperatura superior a 15 °C e salinidade próximas a 35 (EMILSON, 1960); ii) Água Tropical (AT) – temperatura e salinidade superiores a 20 °C e 36, respectivamente (EMILSON, 1960); iii) Água Central do Atlântico Sul (ACAS) – temperatura menor que 20 °C e salinidades entre 35 e 36 (EMILSON, 1960; CAMPOS et al., 1995); e iv) Água Intermediária Antártica (AIA) – salinidade 34 e temperatura entre 2,5 e 6 °C (CAMPOS et al., 1995).

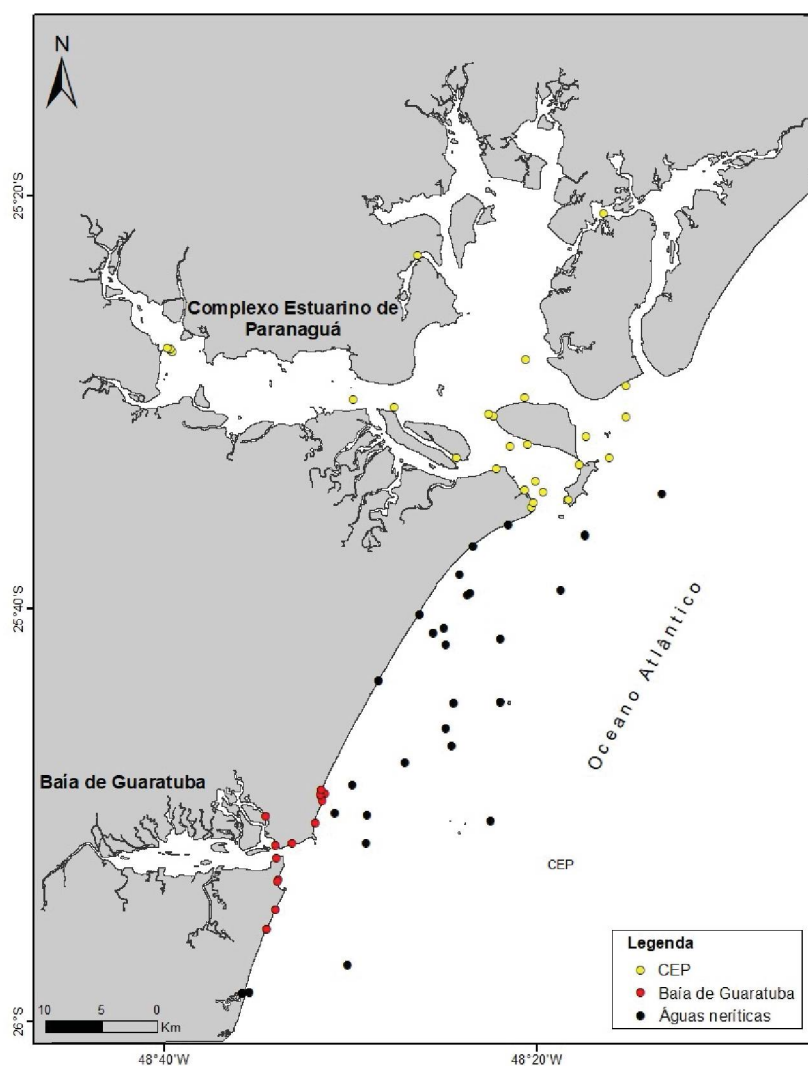
A CB é uma corrente de contorno oeste que é originada próxima a 10°S e flui transportando águas quentes e oligotróficas para o sul da América do Sul. Entre as latitudes 33 e 38°S, a CB encontra as águas mais frias e ricas em nutrientes da Corrente das Malvinas (CM), que margeia o continente com sentido oposto, formando uma região com fortes gradientes térmicos conhecida como a Convergência Subtropical do Atlântico Sul (SILVEIRA et al., 2000; PEREIRA et al. 2009). Ao longo de toda a PSCE, as variações termohalinas verticais e horizontais são bem marcadas, devido aos efeitos conjuntos do regime do vento e a contribuição local de água doce, que sofre grande influência do aporte do Rio da Prata, localizado entre o Uruguai e a Argentina (EMILSON, 1960). A migração da água de pluma do Rio da Prata é fortemente influenciada pelas mudanças sazonais dos ventos. Durante o verão (dezembro-março), os ventos de norte forçam a pluma do rio a permanecer mais próxima a sua desembocadura, enquanto que no inverno, os ventos de sul deslocam essa pluma para o norte, até mais de 1200 km de distância da desembocadura do seu estuário, podendo alcançar a região sul e sudeste do Brasil (PIOLA, 2000; PIOLA et al. 2005), afetando a comunidade pelágica da plataforma ao longo de seu deslocamento.

## 4. METODOLOGIA

### 4.1 Amostragem

As 106 amostras de água do mar examinadas neste estudo foram coletadas entre 14 de junho e 10 de agosto de 2016 no litoral do Paraná (FIG. 1). Para facilitar a interpretação e visualização dos dados, a área amostrada foi dividida em setores: i) Baía de Guaratuba (BG), ii) Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP) e iii) Águas Neríticas adjacentes (AN). As amostras foram codificadas com a inicial do nome do setor + o número da amostra (ver anexo 9.1 para a localização geográfica das mesmas).

FIG. 1 MAPA COM OS PONTOS AMOSTRAIS DE FITOPLÂNCTON NOS SETORES BAÍA DE GUARATUBA (BG), COMPLEXO ESTUARINO DE PARANAGUÁ (CEP) E NAS ÁGUAS NERÍTICAS ADJACENTES (AN)

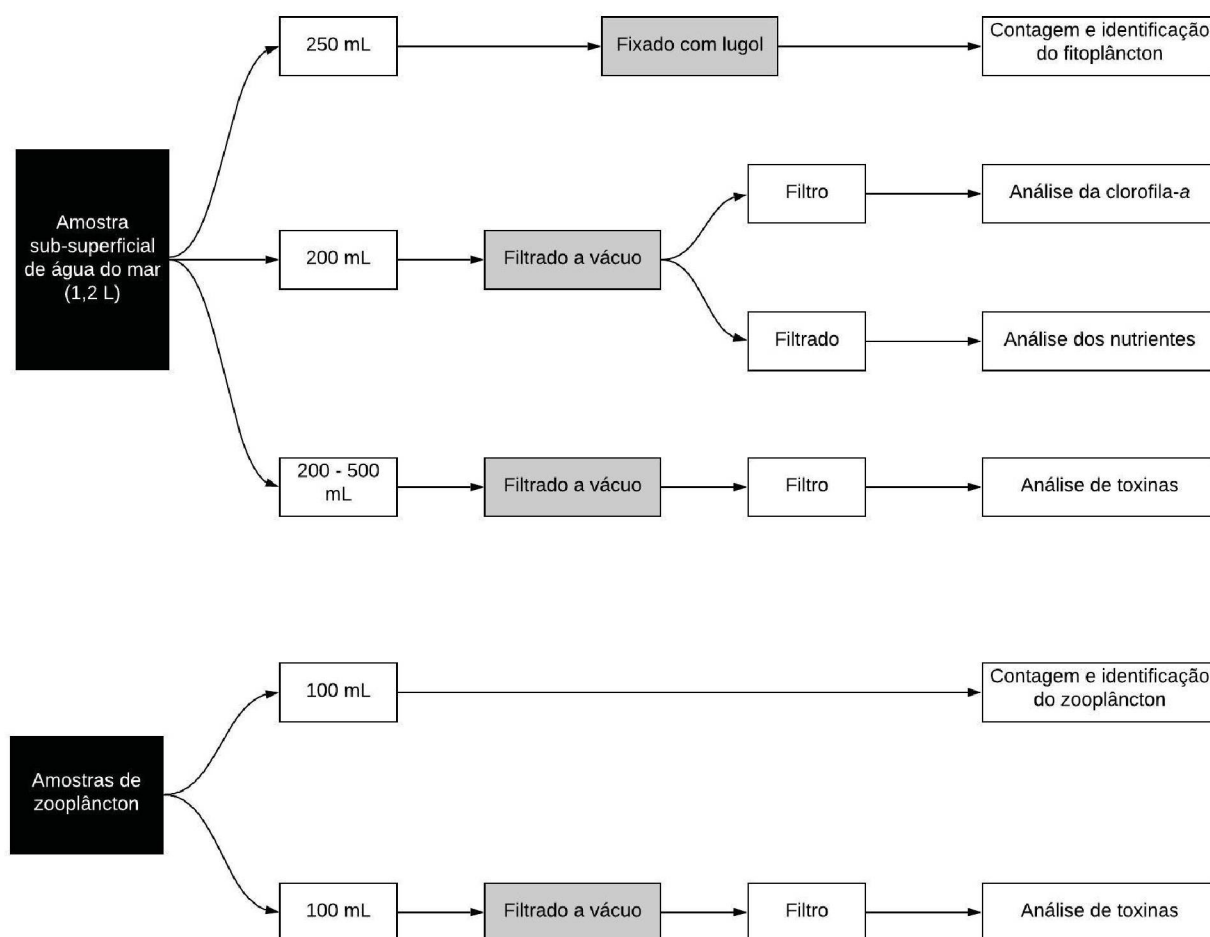


FONTE: O AUTOR (2019)

No campo, as amostras sub-superficiais de água do mar foram coletadas com frascos de polycarbonato de 1,2 L. Em laboratório, essas amostras foram divididas em alíquotas de 200 mL para análises de nutrientes e clorofila-*a*, outras entre 200 e 500 mL para análises de toxinas, e 250 mL para identificação e contagem do fitoplâncton, sendo esta última alíquota fixada em solução de Lugol (1%) (FIG. 2).

As amostragens de zooplâncton foram realizadas apenas nos dias 16 e 24 de junho e exclusivamente nos setores da CEP e AN. As amostras (n = 11) foram coletadas por arrastos oblíquos durante 5 minutos com uma rede cônica (40 cm de diâmetro da boca e malha de 300 µm) e levadas até o laboratório para serem devidamente armazenadas. Alíquotas de 100 mL foram conservadas em solução de formaldeído (10%) para identificação e quantificação dos organismos zooplanctônicos, e outras alíquotas de 100 mL para a análise de toxinas (FIG. 2).

FIG. 2 FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA PÓS-COLETA DAS AMOSTRAS SUB-SUPERFICIAIS DE ÁGUA DO MAR E DO ZOOPLÂNCTON



FONTE: O AUTOR (2019)

## 4.2 Dados meteorológicos

Os dados meteorológicos foram recolhidos das estações do Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR) localizadas em Antonina (25°25'43"S, 48°42'43"W) e Paranaguá (25°31'14"S, 48°30'34"W). Foram utilizados os valores diários da temperatura do ar (°C) e da precipitação atmosférica acumulada (mm), e valores médios diários de medições horárias da velocidade ( $\text{m.s}^{-1}$ ) e da direção do vento (°).

## 4.3 Parâmetros físico-químicos da água

### 4.3.1 Salinidade

Os valores de salinidade da água foram medidos com sonda multiparâmetro VWR pHenomenal – MU6100 H em laboratório ou, quando possível, foram obtidos *in situ* com um aparelho de CTD (JFE ALEC Co. Ltd.<sup>®</sup>, modelo COMPAC-CTD).

### 4.3.2 Nutrientes

Foram determinadas as concentrações dos seguintes nutrientes inorgânicos dissolvidos na água do mar: fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), silicato ( $\text{SiO}_2$ ), nitrito ( $\text{N-NO}_2^-$ ), nitrato ( $\text{N-NO}_3^-$ ) e amônio ( $\text{N-NH}_4^+$ ). Aliquotas de 200 mL foram filtradas a vácuo usando filtros de fibra de vidro (Whatmann<sup>®</sup> GF/C, 47 mm de diâmetro e porosidade de 1,2  $\mu\text{m}$ ). Tanto o líquido filtrado quanto o filtro contendo as partículas retidas foram armazenados em freezer a -12°C para análise posterior. Os filtros foram reservados para a determinação da concentração de clorofila-*a* (metodologia descrita no tópico 4.5).

As concentrações dos nutrientes inorgânicos dissolvidos foram determinadas a partir do líquido filtrado, por colorimetria utilizando o espectrofotômetro. Foi aplicado o método de Hansen e Koroleff (1999) para análise de fosfato, silicato e nitrito, e a determinação de nitrato e amônio seguiu o protocolo descrito em Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA), conforme detalhado em AWWA et al. (2012). As concentrações dos nutrientes foram determinadas através de regressões lineares obtidas a partir de diluições sucessivas dos seus respectivos padrões analíticos.

#### 4.4 Temperatura da Superfície do Mar (TSM)

Imagens de satélite Nível 3 (L3) SMI (Standard Mapped Image), com resolução de 4 km, foram obtidas a partir do sensor MODIS acoplado ao satélite Aqua da NASA (MODIS-Aqua) e, posteriormente, processadas no software VISAT-BEAM (versão 5, Brockmann Consult GmbH, Geesthacht, Alemanha). As quatro imagens abrangeram as regiões entre o estuário do Rio da Prata na Argentina (37°S, 41°W) e o estado do Rio de Janeiro (21°S, 41°W). A variação mensal da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) foi avaliada com base nas imagens referentes ao período entre maio e agosto de 2016.

#### 4.5 Concentração de clorofila-*a*

Os filtros reservados para as análises de clorofila-*a*, contendo partículas retidas de séston, foram imersos em 3 mL de metanol grau HPLC (99,5%) e triturados com o auxílio de uma sonda ultrassônica Ultrasonic Processor CPX 130 por 1 minuto em 80% da amplitude total (130 W). Os extratos foram filtrados através de filtros de seringa (PVDF, 13 mm de diâmetro e 0,22 µm de porosidade; Analítica®) para remover os resíduos, e coletados em microtubos de centrífuga (1,5 mL). Logo após a extração, 200 µL das amostras foram transferidos para vials e misturados a 40 µL de água deionizada imediatamente antes de serem injetados no sistema de cromatografia líquida (Agilent Technologies® 1260, Palo Alto, CA, USA) acoplado a um espectrômetro de massas triplo quadrupolo (AB Sciex® qTRAP 3200, Framingham, MA, USA). A identificação da clorofila-*a* foi confirmada de acordo com seu tempo de retenção após a separação por uma coluna cromatográfica (Waters Symmetry® C8, 150 × 4,6 mm, partículas de 3,5 µm), seguindo método de extração e análise descrito por Zapata et al. (2000). As concentrações de clorofila-*a* foram calculadas através de regressões lineares obtidas a partir de diluições sucessivas do padrão analítico (Sigma-Aldrich), sendo elas 0,8, 1,6, 3,1, 6,2 e 12,5 ng.mL<sup>-1</sup>.

#### 4.6 Análise quali-quantitativa do fitoplâncton

As estimativas da densidade celular do fitoplâncton foram realizadas pela técnica de sedimentação de Utermohl (1958) em um microscópio invertido Olympus IX-70 equipado com contraste de fase. A abundância total do microfitoplâncton (soma do número de células >20 µm) e do nanoplâncton (soma do número de células <20 µm) foi contada por meio de transectos nas câmaras de contagem sob aumento de 200× e 400×, respectivamente, após sedimentação

de 25 mL da amostra durante aproximadamente 12 horas. Em cada amostra, um mínimo de 300 unidades (cadeias ou células) foi contado, a fim de reduzir o erro estatístico associado ao procedimento em 10% (EDLER e ELBRÄCHTER, 2010). Quando um número inferior a 50 células do complexo *D. acuminata* era encontrado nos transectos, meia câmara era contada, buscando-se manter o erro de detecção abaixo de 25% para este grupo taxonômico.

Após a enumeração, o número de células contadas por cuba foi convertido em células por litro, levando em consideração a magnificação do microscópio (200× ou 400×), a área total da cuba, a área contada (cuba ou transecto) e o volume de amostra sedimentado. Para calcular a frequência de ocorrência (F) de cada táxon foi computado o número de amostras em que o táxon ocorreu (Na) e o número total de amostras analisadas (Nt) (Equação 1)

$$F = Na \times \frac{100}{Nt} \quad (\text{Equação 1})$$

Além disso, o comprimento e a largura de aproximadamente 100 células de *Dinophysis* foram medidas para cada data amostral, com a finalidade de se analisar possíveis variações morfológicas ao longo do período estudado. Para isso, foi utilizado a ocular micrometrada do microscópio com régua da objetiva do microscópio invertido Olympus IX-70 sob aumento de 200×.

#### 4.7 Análise quali-quantitativa do zooplâncton

Em laboratório, as amostras obtidas nos arrastos foram filtradas em rede com malha de 300 µm, e os organismos retidos foram recolhidos com um volume de água doce que variava entre 300 e 600 mL, de acordo com a densidade de organismos presentes na amostra. As análises foram realizadas a partir de alíquotas retiradas com um subamostrador de volume conhecido (10 mL), buscando contar um mínimo de 200 indivíduos (OMORI & IKEDA, 1992). Entretanto, em algumas amostras a densidade de indivíduos era muito baixa e isso não foi possível; neste caso um mínimo de 100 indivíduos foi contado. As alíquotas foram analisadas com o auxílio de microscópio estereoscópico (Olympus SZ61) em câmaras de Bogorov. A abundância (indivíduos.m<sup>-3</sup>) foi calculada pela razão entre o número de indivíduos contados em cada amostra e o volume de água filtrada pela rede (m<sup>3</sup>). Para o cálculo do volume filtrado foi levado em consideração a metade do diâmetro da boca da rede (A) e o número de rotações do fluxômetro (B) (Equação 2). A frequência de ocorrência de cada táxon de zooplâncton também foi calculada, da mesma forma que para fitoplâncton (Equação 1).



$$V = \pi \times A^2 \times B \quad (\text{Equação 2})$$

Devido à dominância nas amostras de zooplâncton, o dinoflagelado heterotrófico *Noctiluca scintillans* foi contado separadamente. A quantificação de *N. scintillans* foi realizada em câmara Sedgewick–Rafter no microscópio invertido Olympus IX-71, sendo a abundância expressa igualmente em indivíduos.m<sup>-3</sup>. Posteriormente, o conteúdo do vacúolo alimentar de 300 células de *N. scintillans* foi analisado por amostra, em microscópio invertido. O conteúdo foi identificado sempre que possível, e cada táxon contido nos vacúolos foi contado individualmente. Quando a identificação não foi possível, as partículas orgânicas ingeridas foram contabilizadas em conjunto, como “matéria parcialmente digerida”. Dessa forma, obteve-se a abundância média de células e/ou partículas ingeridas por indivíduo de *N. scintillans*. Além disso, foi calculado o percentual de indivíduos (n = 300) alimentados que continham cada táxon por amostra.

#### 4.8 Quantificação de toxinas

##### 4.8.1 Toxinas no séston

De cada amostra de água do mar, alíquotas de 200 a 500 mL foram filtradas a vácuo para a quantificação de toxinas na fração particulada (séston) que continha o fitoplâncton. Foram adicionados de 6 a 8 mL de metanol grau HPLC (99,5%) aos filtros, e estes foram submetidos ao contato com uma sonda ultrassônica por 2 minutos em 80% da amplitude total (130 W) para ruptura das células retidas e liberação de seu conteúdo interno. Os extratos foram filtrados através de filtros de seringa (PVDF, 13 mm de diâmetro e 0,22 µm de porosidade; Analítica®) para remover os fragmentos, e então coletados em vials (1,5 mL). Em seguida, foram analisados por cromatografia líquida (Agilent Technologies® 1260, Palo Alto, CA, USA) acoplado à detecção por espectrometria de massas triplo quadrupolo (AB Sciex® qTRAP 3200, Framingham, MA, USA). Os compostos foram separados por uma coluna cromatográfica (Agilent Poroshell®, C18, 50×2,1 mm e partículas de 2,7 µm de diâmetro) seguindo o método da União Europeia para determinação de toxinas marinhas lipofílicas (EU-RL-MB, 2011).

##### 4.8.2 Toxinas no zooplâncton

A quantificação de toxinas nos organismos maiores que 300 µm – fração de tamanho dominada pelo zooplâncton – foi determinada por LC-MS/MS seguindo o mesmo método

descrito anteriormente. Para tanto, aproximadamente 100 mL de cada amostra coletada com rede de zooplâncton foi previamente peneirada em malha de 300 µm e armazenada em freezer a -12°C. A cada amostra, foi adicionado um volume de metanol grau HPLC (99,5%), numa razão de 9 mL para cada 1 grama de biomassa. As amostras foram trituradas com sonda ultrassônica por 2 minutos em 80% da amplitude total (130 W) e filtradas com filtros de seringa (PVDF, 13 mm de diâmetro e 0,22 µm de porosidade; Analítica®), sendo os extratos filtrados coletados em vials (1,5 mL).

#### 4.9 Análise dos dados

##### 4.9.1 Modelo hierárquico bayesiano espaço-temporal.

A influência de fatores bióticos e abióticos na variação da densidade celular do complexo *Dinophysis acuminata* ao longo da floração foi analisada através de um modelo hierárquico bayesiano espaço-temporal.

De maneira similar à um Modelo Linear Generalizado (GLM – Genaralized Linear Model), assumiu-se que a contagem ( $y_{it}$ ) do número de células de *Dinophysis* em uma particular localização no espaço ( $i = 1, \dots, I$ ) e no tempo ( $t = 1, \dots, T$ ) seguiu uma distribuição de Poisson. Considerando que as contagens das células ocorreram em diferentes volumes de amostras por área e período este volume foi considerado como um offset ( $z_{it}$ ), no modelo, com um valor conhecido, porém não necessariamente constante.

A especificação hierárquica completa do modelo é dada por:

$$\begin{aligned}
 y_{it} &\sim \text{Poisson}(z_{it}e^{\eta_{it}}) \\
 \eta_{it} &= \beta_0 + \sum_{m=1}^M \beta_m x_{mt} + w_{it} \\
 w_{it} &= \rho w_{i(t-1)} + u_{it}, \quad t = 2, \dots, T, \quad w_{i1} \sim N(0, \sigma^2/(1 - \rho^2)) \\
 u_{it} &\sim \text{NMV}(0, \Sigma) \\
 \Sigma &= \text{Cov}(u_{it}, u_{ju}) = \begin{cases} 0, & t \neq u \\ \text{Cov}(u_i, u_j), & t = u \end{cases}
 \end{aligned} \tag{Equação 3}$$

Onde  $i \neq j$ , e  $\text{Cov}(u_i, u_j)$  é dada pela função de covariância espacial de Matérn. As variáveis explicativas consideradas foram classificadas em dois grupos: variáveis ambientais e as variáveis biológicas (

FONTE: Fernando Mayer, Departamento de Estatística/UFPR

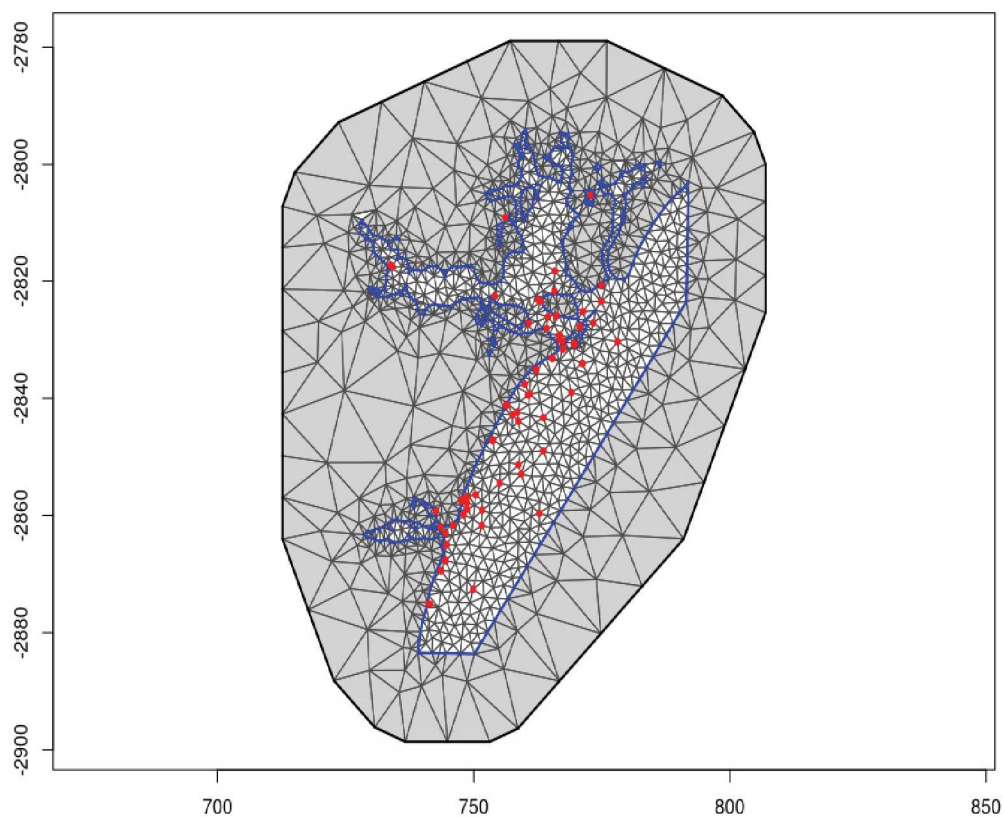


TABELA 1). As variáveis ambientais foram escolhidas de acordo com os fatores que possivelmente teriam maior influência na distribuição de *Dinophysis*, tais como nutrientes, salinidade e direção do vento. As espécies foram escolhidas devido sua interação com *Dinophysis*, como por exemplo, o seu principal alimento *Mesodinium rubrum*, que por sua vez ingere criptofíceas. Além disso, também foram escolhidas as espécies que foram observadas com células de *Dinophysis* em seu interior durante este trabalho (Ciliados, *Gyrodinium* sp., *Noctiluca scintillans*) e outras espécies mixotróficas e heterotróficas que poderiam ter alguma relação com *Dinophysis*, as quais não foram observadas nas amostras. Para o ajuste do modelo, todas as variáveis foram transformadas por meio do log.

Para a inferência foi utilizado a abordagem INLA (Integrated Nested Laplace Approximation), que é uma forma de obtenção das distribuições posteriores dos parâmetros na abordagem bayesiana através de aproximação (RUE et al., 2009). A inferência espaço-temporal foi realizada pelo INLA por meio da abordagem de Stochastic Partial Differential Equation (SPDE) (LINDGREN et al., 2011). A especificação do modelo hierárquico fica completamente especificada após a definição das distribuições *a priori* de todos os parâmetros. Neste caso, foram utilizadas as priors padrões pré-definidas pelo INLA. O método SPDE permite modelar um campo latente Gaussiano contínuo, como um processo aleatório indexado de maneira discreta. Isto é feito através da subdivisão do domínio espacial contínuo através de triangulação, criando uma malha onde os nós são considerados no ajuste do modelo (FIG. 3). Ao contrário do procedimento padrão do SPDE, as barreiras (linha de costa e ilhas) foram consideradas na construção da malha (BAKKA et al., 2019). Especificamente, os pontos amostrais na Figura 3 (em vermelho) são utilizados como nós iniciais e a borda externa tem a função de diminuir o efeito de borda. Para definir o limite externo do mapa no oceano, foi utilizada como base a linha batimétrica de 15 metros. O limite interno foi delimitado pela linha de costa.

Ao todo, foram ajustados seis diferentes modelos: o modelo de referência (apenas com intercepto), um modelo apenas com as variáveis ambientais, um modelo apenas com variáveis biológicas, um modelo com as variáveis ambientais e as biológicas, um modelo apenas com o intercepto e o efeito espaço-temporal, e por fim, o modelo completo considerando as variáveis ambientais, as biológicas e o efeito espaço-temporal.

FIG. 3. MALHA CONSTRUÍDA POR TRIANGULAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO



FONTE: Fernando Mayer, Departamento de Estatística/UFPR

TABELA 1 VARIÁVEIS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS TESTADAS NO MODELO

Variáveis ambientais	Variáveis biológicas
Velocidade do vento ( $\text{m.s}^{-1}$ )	Ácido ocadáico
Salinidade	Ciliados ( $\text{cél.L}^{-1}$ )
Fosfato ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ )	<i>Ceratium</i> spp. ( $\text{cél.L}^{-1}$ )
Silicato ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ )	Criptofíceas ( $\text{cél.L}^{-1}$ )
Amônio ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ )	<i>Gyrodinium</i> sp. ( $\text{cél.L}^{-1}$ )
Nitrito ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ )	<i>Mesodinium rubrum</i> ( $\text{cél.L}^{-1}$ )
Nitrato ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ )	<i>Noctiluca scintillans</i> ( $\text{cél.L}^{-1}$ )
	<i>Prorocentrum scutellum</i> ( $\text{cél.L}^{-1}$ )
	<i>P. micans</i> ( $\text{cél.L}^{-1}$ )
	<i>P. minimum</i> ( $\text{cél.L}^{-1}$ )
	<i>Protoperidinium</i> spp. ( $\text{cél.L}^{-1}$ )
	<i>Torodinium robustum</i> ( $\text{cél.L}^{-1}$ )
	Tintinídeos ( $\text{cél.L}^{-1}$ )

#### 4.9.2 Interpolação dos dados

Os dados de clorofila-*a* e dos nutrientes foram interpolados por média ponderada pelo modelo estatístico “Inverso da distância” em uma malha amostral usando o software Ocean Data View (versão 5.1.7). Este modelo foi baseado na dependência espacial. Desta forma, os pontos mais próximos terão maior influência na interpolação, que diminui à medida que a distância aumenta.

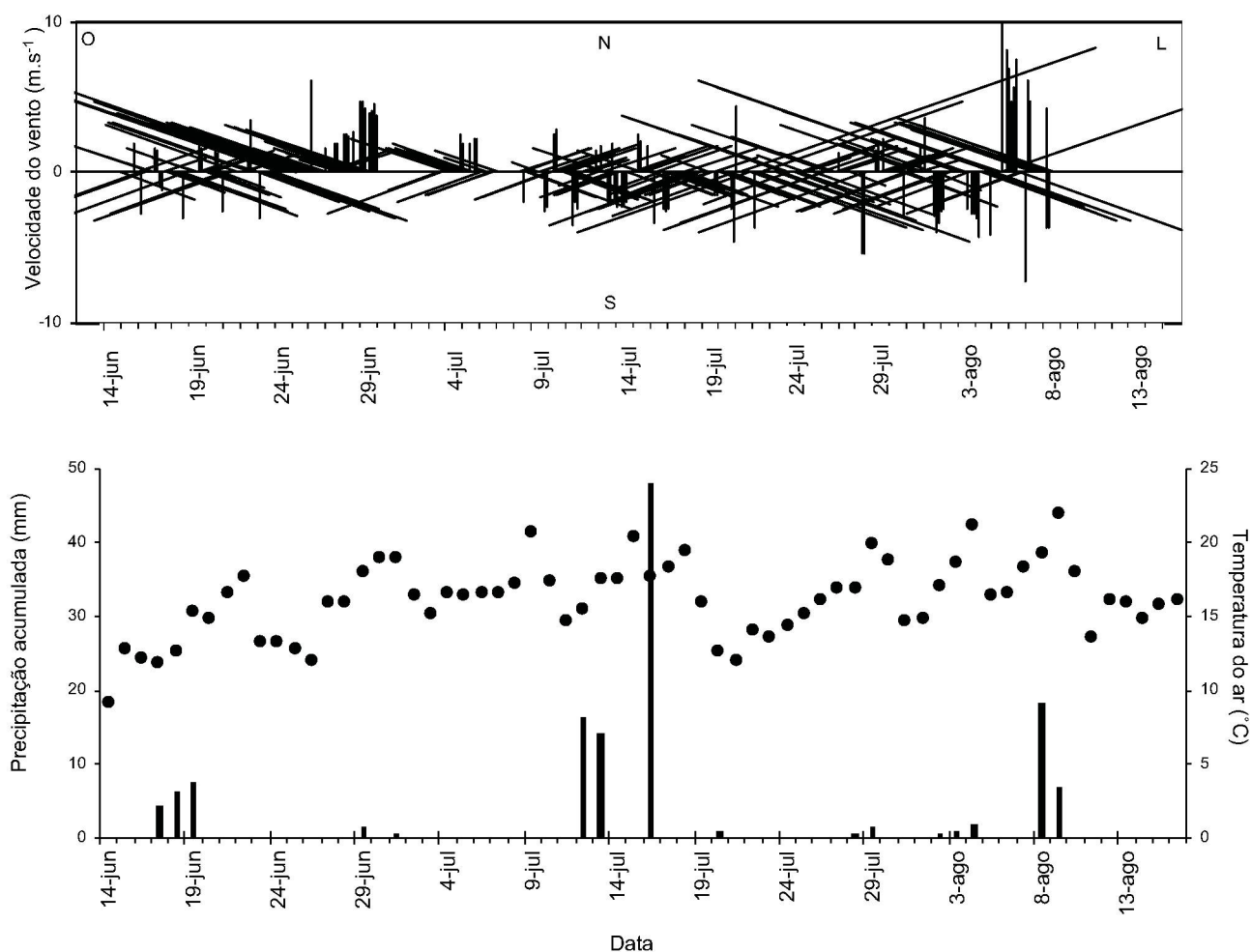


## 5. RESULTADOS

### 5.1 Condições atmosféricas durante o período estudado

A temperatura do ar variou de 12°C a 20°C (FIG. 4) durante o período amostral, com média de 16°C, que caracteriza o inverno típico da região. A precipitação atmosférica foi relativamente baixa ao longo de todo período amostral (0–7,6 mm diário), com exceção de quatro dias que apresentaram valores acima de 14 mm, atingindo máximas de 48 mm no dia 16/07 (FIG. 4) A precipitação acumulada durante todo o período amostral (2 meses) foi de 129,8 mm.

FIG. 4 VELOCIDADE ( $\text{m.s}^{-1}$ ) E DIREÇÃO DO VENTO, PRECIPITAÇÃO ACUMULADA (BARRAS VERTICAIS; EM mm) E TEMPERATURA DO AR (CÍRCULOS; EM °C) ENTRE OS DIAS 14 DE JUNHO E 13 DE AGOSTO DE 2016.



FONTE: O AUTOR (2019)

Ao longo do período do estudo, a intensidade dos ventos e suas direções variaram de forma errática, oscilando diversas vezes do quadrante sul para o norte em curta escala de tempo. No início das amostragens (14 a 16/06), foram reportados ventos de até  $5 \text{ m.s}^{-1}$ , predominantemente do quadrante norte. Logo depois, entre os dias 17 e 19/06, houve uma dominância dos ventos de sul, que alcançaram intensidades de até  $9 \text{ m.s}^{-1}$ . Após esse período, ventos moderados dos quadrantes oeste e norte, com velocidades entre  $0,6$  e  $1,5 \text{ m.s}^{-1}$ , foram predominantes até o dia 29/06, quando os ventos mudaram sua direção novamente para sul. A partir do dia 04/07, ventos intensos (até  $11 \text{ m.s}^{-1}$ ) de norte voltaram a ser predominantes. Ventos de sul com velocidades similarmente elevadas foram observadas nos dias 11–12/07 e 11/08 (FIG. 4).

## 5.2 Parâmetros físico químicos da água

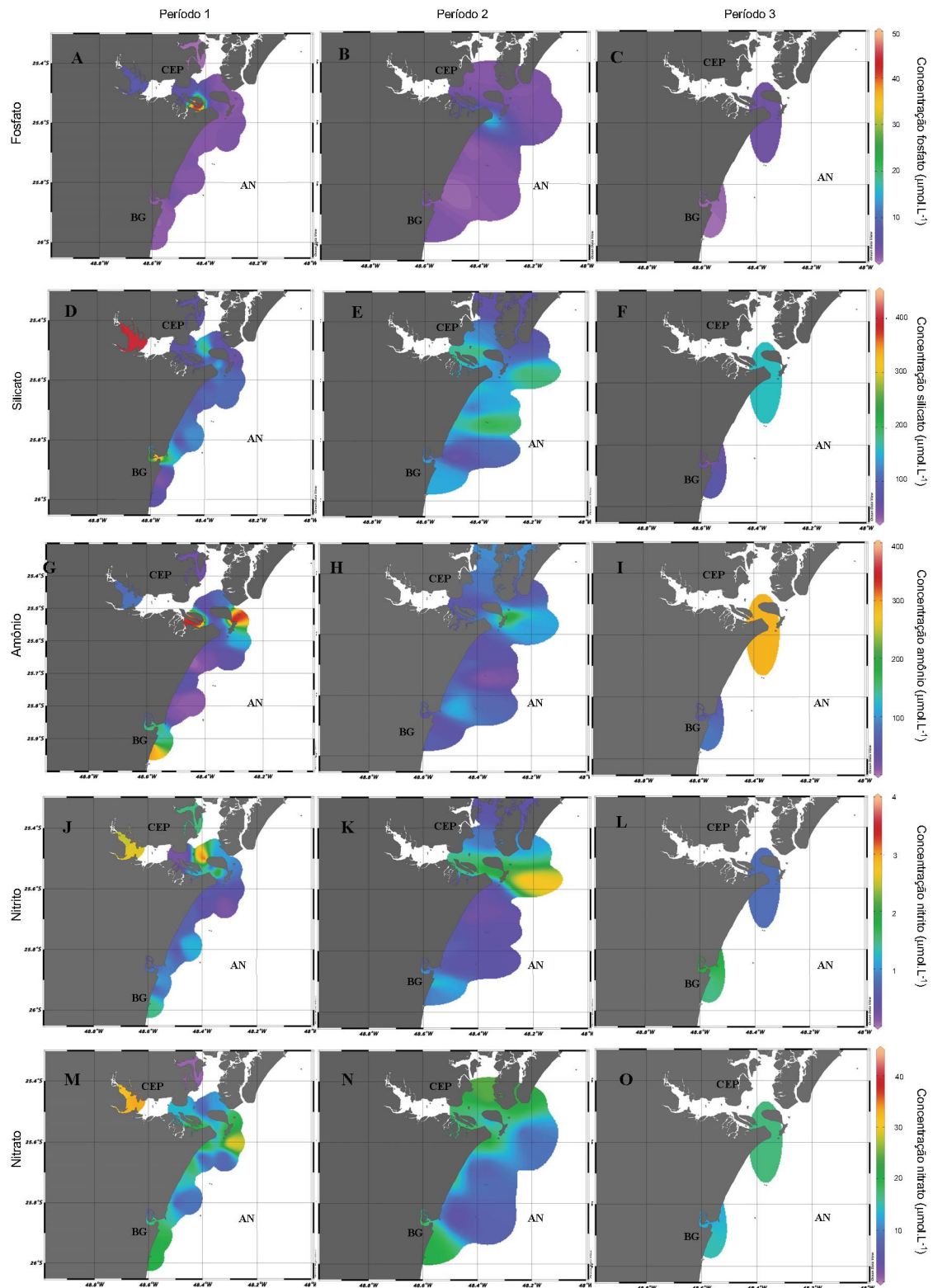
A salinidade foi geralmente similar entre os setores amostrais durante o período amostrado, com valores entre 19,7 e 26,7, com exceção de quatro pontos nas áreas mais internas das Baías de Guaratuba e Paranaguá, onde os valores foram inferiores, entre 15 e 17,7 (Anexo 9.2).

De forma geral, as maiores concentrações dos nutrientes inorgânicos dissolvidos foram observadas durante a fase de desenvolvimento da floração do complexo *D. acuminata* (Período 1, FIG. 5). As concentrações de fosfato foram semelhantes durante os três períodos amostrados, com exceção da região interna do CEP no primeiro período ( $\sim 50 \mu\text{mol.L}^{-1}$ ) (FIG. 5A) e das áreas próximas a desembocadura do CEP e em AN no segundo período ( $\sim 20 \mu\text{mol.L}^{-1}$ ) (FIG. 5B). Os valores mais elevados de silicato ( $\sim 400 \mu\text{mol.L}^{-1}$ ) foram reportados no interior do CEP e da BG no primeiro período (FIG. 4D). Posteriormente, as concentrações foram diminuindo ao longo do tempo. Os valores mais elevados foram em AN ( $\sim 200 \mu\text{mol.L}^{-1}$ ) no segundo período (FIG. 5E) e valores relativamente mais baixos ( $\sim 100 \mu\text{mol.L}^{-1}$ ) foram encontrados no período pós-floração (FIG. 5F).

O Amônio foi a forma nitrogenada predominante neste estudo, com valores variando entre  $0,4$  e  $375,6 \mu\text{mol.L}^{-1}$ . As concentrações mais elevadas foram nas áreas internas e na desembocadura do CEP, e ao sul da BG no primeiro período (FIG. 5G). Posteriormente, as concentrações diminuíram e valores mínimos foram reportados em AN no segundo período (FIG. 5H) e no interior da BG no terceiro período (FIG. 5I). Concentrações elevadas de nitrito foram mensuradas no interior do CEP durante o desenvolvimento da floração ( $\sim 4 \mu\text{mol.L}^{-1}$ ) (FIG. 5J) e em AN durante a fase final da floração (FIG. 5K). Por fim, as concentrações de

nitrato foram similares durante todo o período amostral (FIG. 5M–O), com exceção de uma área em AN no segundo período (FIG. 5N). A maior concentração de nitrato reportada foi no CEP ( $\sim 40 \mu\text{mol.L}^{-1}$ ) no período de desenvolvimento da floração (FIG. 5M) (Anexo 9.2).

FIG. 5 DISTRIBUIÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DOS NUTRIENTES ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) DURANTE TRÊS PERÍODOS DISTINTOS: (1) DESENVOLVIMENTO DA FLORAÇÃO (14–25/06), (2) FASE FINAL DA FLORAÇÃO (27–30/06) E (3) PERÍODO PÓS-FLORAÇÃO (01/07–10/08).

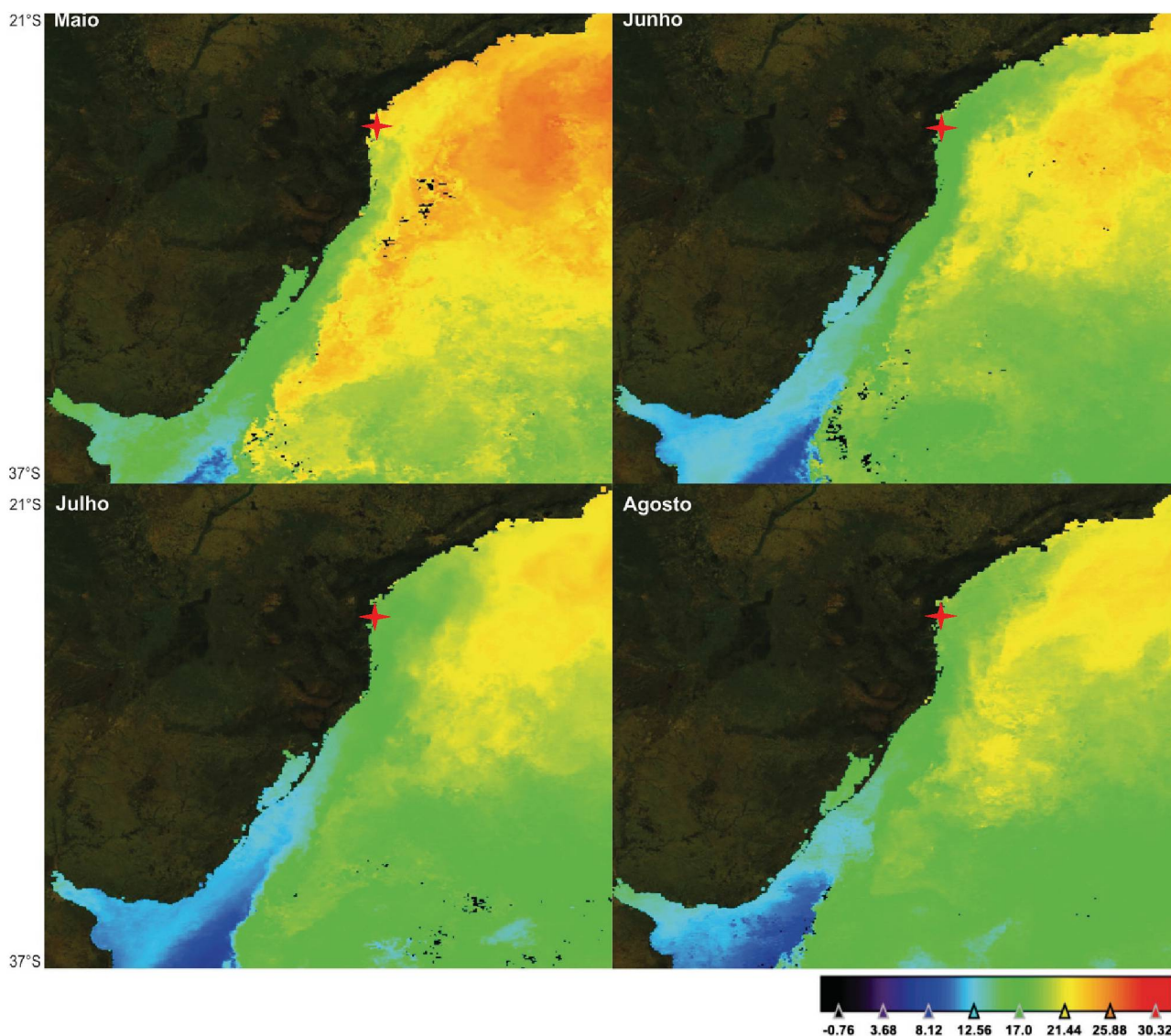


FONTE: O AUTOR (2019)

### 5.3 Temperatura da Superfície do Mar

Em maio, a TSM estava acima de  $21^{\circ}\text{C}$  na região do estudo. A partir de junho, quando o evento de floração do complexo *Dinophysis acuminata* foi detectado ao longo da costa do Paraná, esse valor diminuiu substancialmente para cerca de  $17^{\circ}\text{C}$  devido à influência de massas de águas mais frias provenientes do sul (FIG. 6).

FIG. 6 TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR (TSM) ENTRE OS MESES MAIO E AGOSTO DE 2016 PARA AS LATITUDES  $21^{\circ}\text{S}$  A  $37^{\circ}\text{S}$ . A ÁREA DE ESTUDO ESTÁ INDICADA NAS IMAGENS



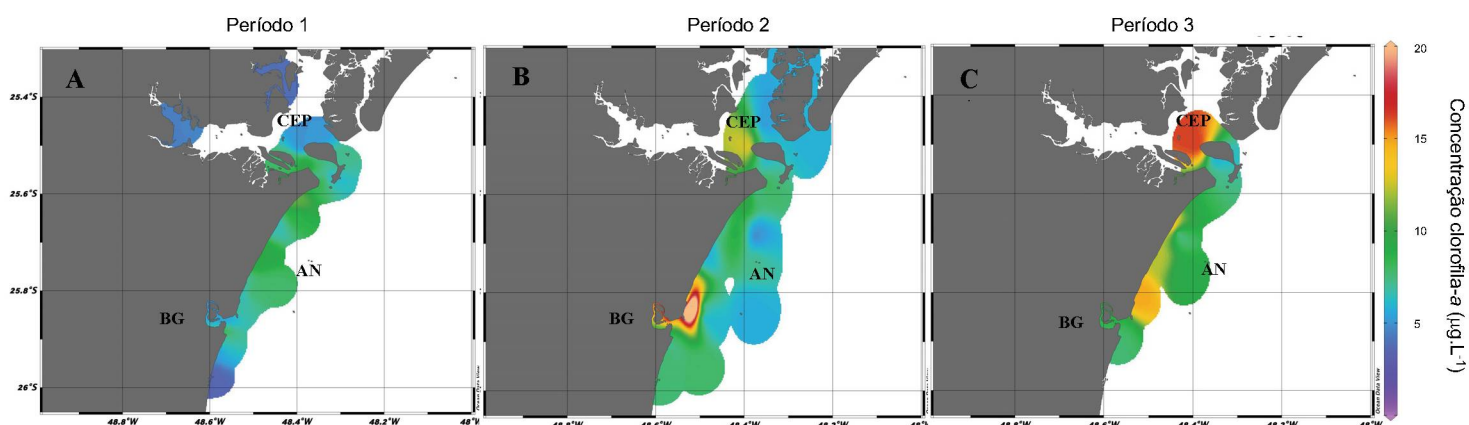
FONTE: O AUTOR (2019)



#### 5.4 Concentração de clorofila-*a*

Durante a fase de desenvolvimento da floração (período 1), as concentrações de clorofila-*a* foram relativamente menores em comparação com os demais períodos ao longo de toda a área amostrada, com maiores concentrações no setor AN (FIG. 7A). As concentrações variaram entre 2,9  $\mu\text{g.L}^{-1}$  e 13,5  $\mu\text{g.L}^{-1}$ . Posteriormente, as concentrações foram aumentando, principalmente próximo a BG e no interior do CEP (FIG. 7B). Durante a fase final da floração (período 2), as concentrações variaram entre 4,3  $\mu\text{g.L}^{-1}$  e 19,4  $\mu\text{g.L}^{-1}$  e em um único ponto no dia 30/06 a concentração de clorofila-*a* foi 45  $\mu\text{g.L}^{-1}$ . No período pós-floração (01/07–10/08), maiores valores foram observados na região costeira próxima a BG e nas áreas internas do CEP (FIG. 7C), valores entre 5,1  $\mu\text{g.L}^{-1}$  e 18,8  $\mu\text{g.L}^{-1}$ .

FIG. 7 DISTRIBUIÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE CLOROFILA-*a* ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) NOS SETORES BAÍA DE GUARATUBA (BG), COMPLEXO ESTUARINO DE PARANAGUÁ (CEP) E ÁGUAS NERÍTICAS (AN) DURANTE TRÊS PERÍODOS DISTINTOS: (1) DESENVOLVIMENTO DA FLORAÇÃO (14–25/06), (2) FASE FINAL DA FLORAÇÃO (27–30/06) E (3) PERÍODO PÓS-FLORAÇÃO (01/07–10/08).



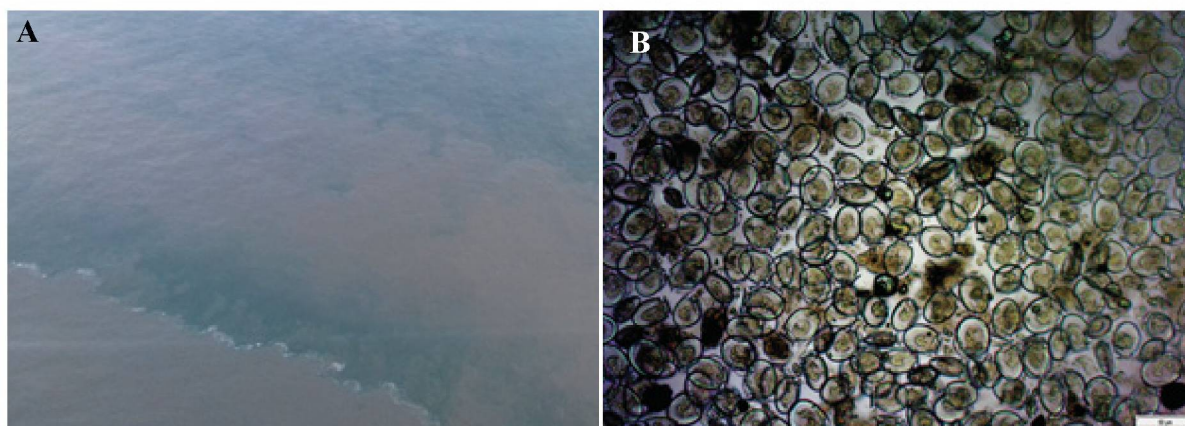
FONTE: O AUTOR (2019)

## 5.5 Abundância de células do complexo *Dinophysis acuminata*

### 5.5.1 Distribuição espaço-temporal do complexo *D. acuminata*

Durante o período da floração, foi possível observar manchas marrom-avermelhadas na superfície da água do mar ao longo da costa do Paraná, resultantes das elevadas densidades de células do complexo *D. acuminata* (FIG. 8).

FIG. 8 FLORAÇÃO DE DINOFLAGELADOS DO COMPLEXO *Dinophysis acuminata*: (A) IMAGEM AÉREA DAS ÁGUAS COSTEIRAS DO PARANÁ ÁREA E (B) FOTOMICROGRAFIA A 200× DE AUMENTO



FONTE: LUIZ MAFRA JR. – CEM/UFPR

Desde o início do período amostral (14/06/2016), densidades celulares elevadas do complexo *D. acuminata* foram reportadas ao longo da costa do estado do Paraná, com valores de até  $2,6 \times 10^5$  cél.L<sup>-1</sup>. No dia 16/06, a abundância já alcançou densidades superiores a 2 milhões de células por litro ( $2,05 \times 10^6$  cél.L<sup>-1</sup>). A abundância se manteve elevada nos dias seguintes, com valores máximos entre  $7 \times 10^4$ – $6 \times 10^5$  cél.L<sup>-1</sup>, até atingirem mais de 5 milhões de células por litro ( $5,1 \times 10^6$  cél.L<sup>-1</sup>) no dia 25/06. A partir de então, as densidades foram progressivamente diminuindo, de  $1,7 \times 10^5$  cél.L<sup>-1</sup> até abaixo do limite de detecção (<LD) de 40 cél.L<sup>-1</sup>, no dia 13/07. No mês de agosto, uma única coleta foi realizada no dia 10 na BG, e a densidade reportada foi de 240 cél.L<sup>-1</sup>.

A abundância média de células do complexo *D. acuminata* foi maior no setor AN,  $2 \times 10^5$  cél.L<sup>-1</sup> (<LD– $5,04 \times 10^6$  cél.L<sup>-1</sup>), em comparação com CEP,  $3,86 \times 10^4$  cél.L<sup>-1</sup> (<LD– $2,61 \times 10^5$  cél.L<sup>-1</sup>), e BG,  $1 \times 10^4$  cél.L<sup>-1</sup> (<LD– $6,3 \times 10^4$  cél.L<sup>-1</sup>). Desde o início das coletas nas águas neríticas (AN) (17/06), as densidades foram superiores a  $2,01 \times 10^4$  cél.L<sup>-1</sup>, alcançando a maior densidade reportada neste trabalho no dia 25/06 ( $5,03 \times 10^6$  cél.L<sup>-1</sup>). De forma geral, a

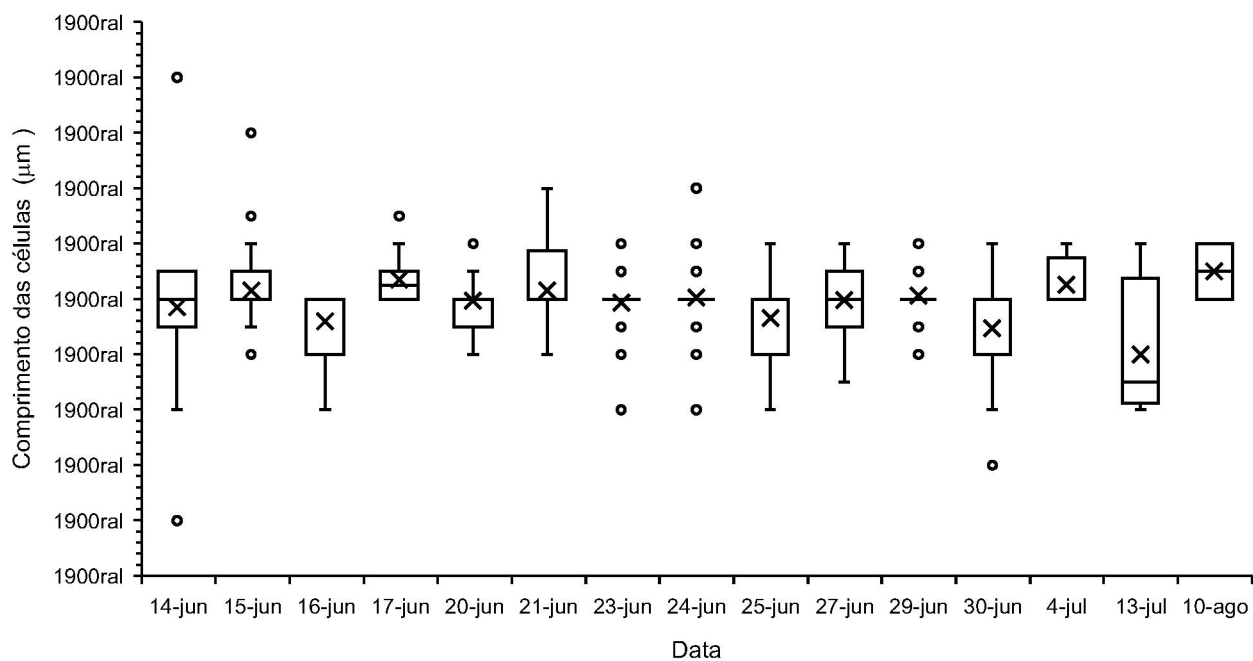
abundância se manteve alta até o dia 29/06, a partir de então houve um decréscimo até abaixo do limite de detecção no dia 11/07. Similarmente, os valores mais elevados no CEP foram registrados entre os dias 14 e 30/06, com exceção dos pontos mais internos do estuário, onde a densidade máxima reportada foi somente 80 cél.L<sup>-1</sup>, sugerindo que a floração não conseguiu alcançar o interior da Baía com a mesma intensidade que nos outros setores. No setor BG, as maiores densidades foram reportadas mais tarde, entre os dias 21 e 23/07 (1,93–6,3×10<sup>4</sup>cél.L<sup>-1</sup>) e após esse período as densidades diminuíram para 2,4×10<sup>2</sup> cél.L<sup>-1</sup> no dia 10/08.

#### 5.5.2 Tamanho das células do complexo *D. acuminata*

Ao longo do período de estudo, foram observadas diferenças no tamanho das células do complexo *D. acuminata*. O comprimento das células variou enormemente, entre 15 e 55 µm (FIG. 9 e FIG. 10A). Não houve correlação entre o tamanho celular e os dias amostrados uma vez que em uma mesma amostra era possível encontrar tamanhos variados. Das 902 células examinadas, aproximadamente 62% mediam entre 32,5 e 35 µm de comprimento; somente 23% possuíam comprimento superior a 35 µm e 13% inferior a 30 µm. Além disso, foram observadas células recém formadas, caracterizadas por placas hipotecais ligeiramente menores e com contornos paralelos ao contorno da placa hipotecal materna (FIG. 10B e C), principalmente no fim de junho. Em uma única amostra do dia 30/06, foi encontrado uma célula com uma formação lembrando um cisto (FIG. 10D).

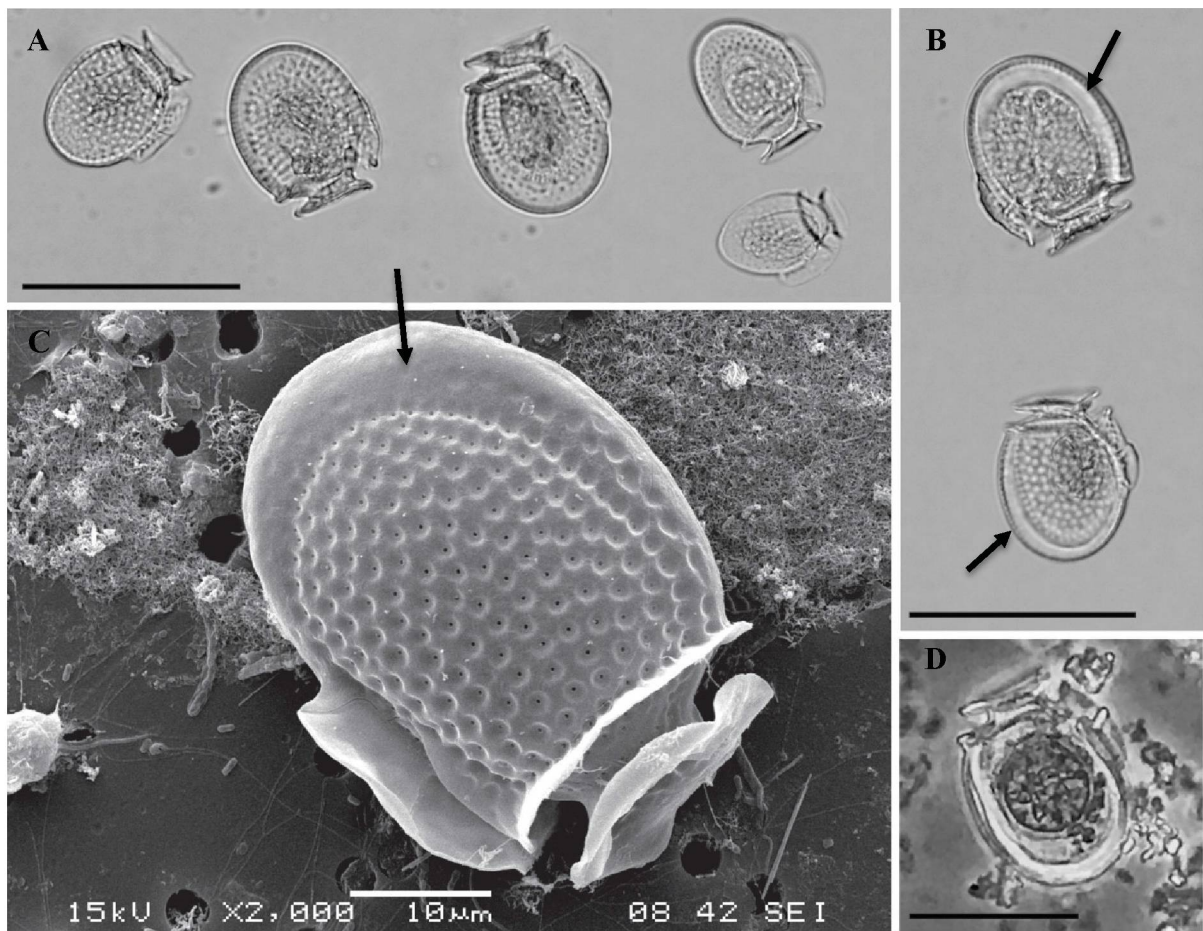


FIG. 9 VARIAÇÃO NO COMPRIMENTO DAS CÉLULAS DO COMPLEXO *Dinophysis acuminata* ( $\mu\text{m}$ ) AO LONGO DO PERÍODO AMOSTRADO



FONTE: O AUTOR (2019)

FIG. 10 CÉLULAS DO COMPLEXO *Dinophysis acuminata* COM DIFERENTES TAMANHOS CELULARES (A), CÉLULAS COM PLACAS HIPOTECASIS RECÉM FORMADAS INDICADAS PELAS SETAS (B e C), CÉLULA COM FORMAÇÃO TIPO-CISTO (D). BARRAS DE ESCALA: 50  $\mu\text{m}$  EM A, B e D, E 10  $\mu\text{m}$  EM C.



FONTE: O AUTOR (2019)

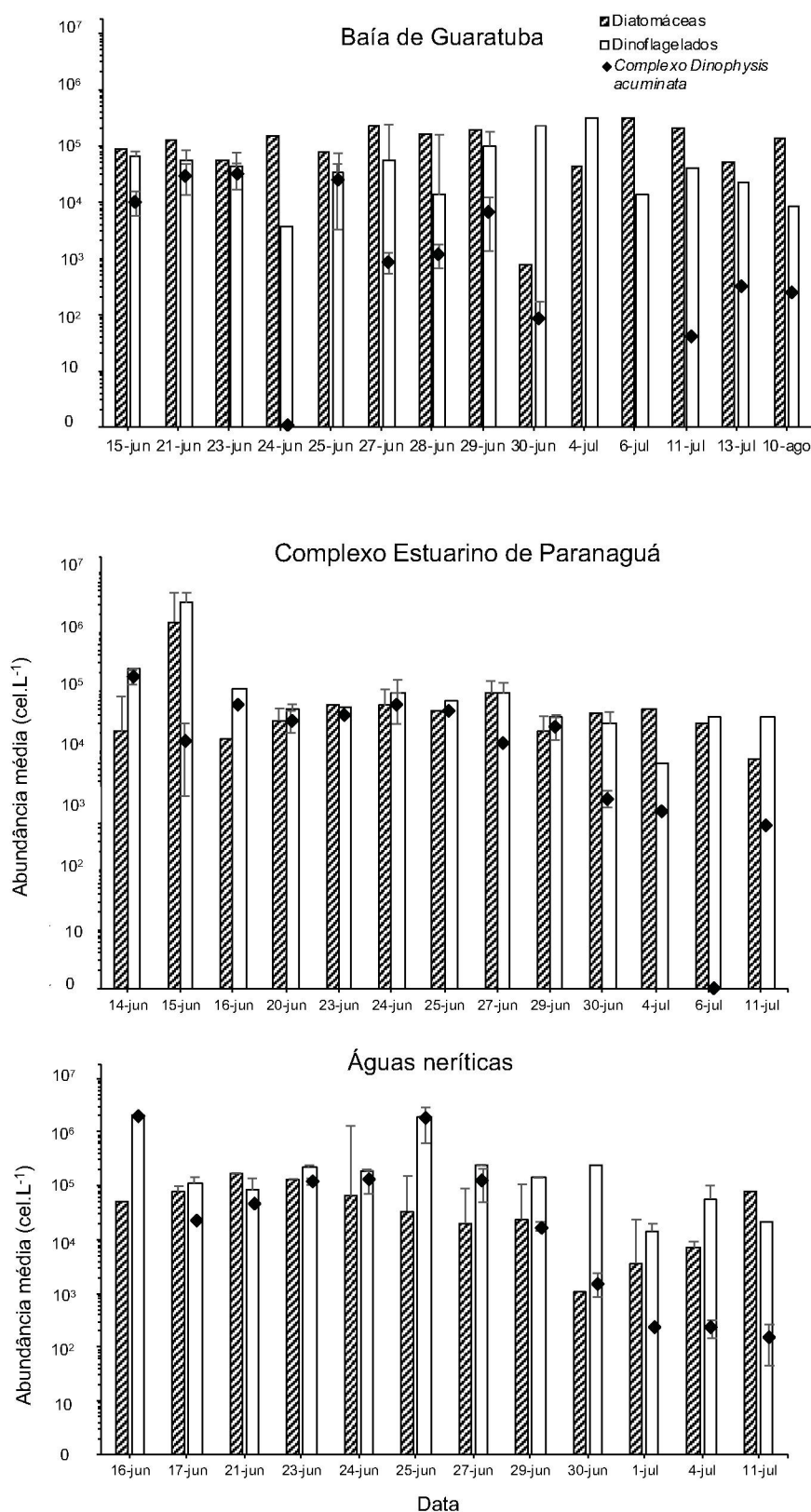
## 5.6 Composição e abundância da assembleia planctônica

De forma geral, o microfitoplâncton ( $>20\ \mu\text{m}$ ) foi composto principalmente por dinoflagelados, sobretudo por células do complexo *D. acuminata* (FIG. 11). Entre os dias 14/06 e 04/07, a densidade total de dinoflagelados foi superior no setor AN em comparação com os outros setores. Depois disso, os valores diminuíram gradativamente e as diatomáceas foram se tornando o grupo predominante. Os dinoflagelados foram predominantes no CEP enquanto que as diatomáceas predominaram na BG durante todo o período amostral, com exceção do dia 04/07 em ambos os casos (FIG. 11).

No total, foram identificados 18 táxons de dinoflagelados, sendo que o complexo *Dinophysis acuminata* esteve presente em 86% das amostras. Além deste, *Ceratium* spp. (87%), *Protoperdinium* spp. (84%), *Prorocentrum* sp.2 (80%) (FIG. 12H), *P. micans* (79%) (FIG. 12E), *P. scutellum* (76%) (FIG. 12I), *P. minimum* (76%) (FIG. 12F), e *Gyrodinium* sp. (68%) também foram frequentemente encontradas nas amostras. Foi observada uma diversidade ligeiramente maior de diatomáceas (23 táxons), dentre as quais, as mais frequentes nas amostras foram *Thalassiosira* spp. (91%) (FIG. 12G), *Cyclotella* spp. (70%), *Cymatosira lorenziana* (52%) e *Coscinodiscus* spp. (51%). A espécie de diatomácea que atingiu a maior densidade celular ( $5,58 \times 10^5\ \text{cél.L}^{-1}$ ) foi *Cymatosira lorenziana* no dia 24 de junho. Ainda assim, sua abundância foi uma ordem de magnitude menor em comparação com a do complexo *D. acuminata* ( $5,04 \times 10^6\ \text{cél.L}^{-1}$ ), que foi o dinoflagelado mais abundante neste trabalho. Além de dinoflagelados e diatomáceas, ciliados e silicoflagelados estiveram presentes em mais de 50% das amostras da BG e do CEP, enquanto cocolitoforídeos (FIG. 12K), ocorreram em 76% das amostras coletadas nas águas neríticas, atingindo até  $3,45 \times 10^5\ \text{cél.L}^{-1}$  (TABELA 2 e Anexo 9.3).

As microalgas autotróficas componentes do nanoplâncton ( $<20\ \mu\text{m}$ ) foram abundantes ao longo de todo o período amostrado. Elas atingiram densidades celulares elevadas em todos os setores, variando de  $1,7$  a  $4,8 \times 10^6\ \text{cél.L}^{-1}$  (média de  $3 \times 10^6\ \text{cél.L}^{-1}$ ), quando consideradas em conjunto. Particularmente, as criptofíceas atingiram densidades celulares entre  $5 \times 10^4$  e  $2 \times 10^5\ \text{cél.L}^{-1}$ , sendo similarmente abundantes em todos os setores investigados (média de  $1 \times 10^5\ \text{cél.L}^{-1}$ ).

FIG. 11 RELAÇÃO ENTRE AS DENSIDADES MÉDIAS DE CÉLULAS DO COMPLEXO *Dinophysis acuminata*, DO TOTAL DE DIATOMÁCEAS E DE DINOFLAGELADOS AO LONGO DOS DIAS AMOSTRADOS NOS SETORES BAÍA DE GUARATUBA, COMPLEXO ESTUARINO DE PARANAGUÁ E ÁGUAS NERÍTICAS.



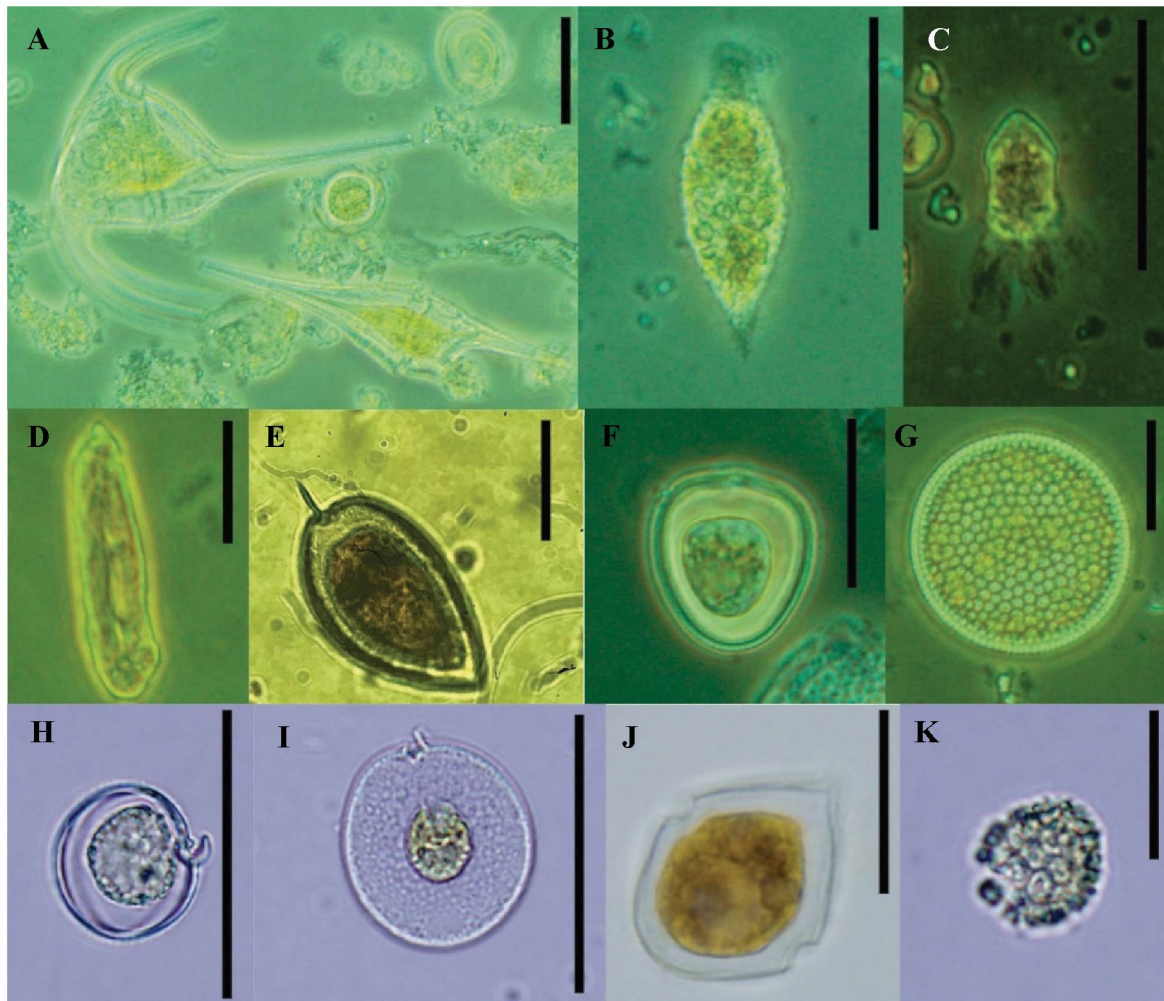
FONTE: O AUTOR (2019)

TABELA 2. TÁXONS MAIS FREQUENTES NOS SETORES BAÍA DE GUARATUBA (BG), COMPLEXO ESTUARINO DE PARANAGUÁ (CRP) E ÁGUAS NERÍTICAS (AN) E NA SOMA DAS AMOSTRAS DE TODOS OS SETORES (GERAL). A MAIOR ABUNDÂNCIA É RELATIVA A APENAS UMA AMOSTRA E A FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA CONSIDERA TODAS AS AMOSTRAS ANALISADAS. A TABELA INCLUI APENAS TÁXONS COM FREQUÊNCIAS SUPERIORES A 50% EM PELO MENOS UM SETOR.

Táxon	Maior abundância (cél.L <sup>-1</sup> )	Frequência de ocorrência			
		Geral	BG	CEP	AN
Dinoflagelados					
<i>Ceratium</i> spp.	2,23×10 <sup>6</sup>	87%	80%	73%	95%
Complexo <i>Dinophysis</i> <i>acuminata</i>	5,03×10 <sup>6</sup>	86%	84%	85%	88%
<i>Gyrodinium</i> sp.	5,58×10 <sup>4</sup>	69%	56%	55%	86%
<i>Prorocentrum scutellum</i>	7,43×10 <sup>5</sup>	84%	80%	85%	86%
<i>P. minimum</i>	1,25×10 <sup>5</sup>	76%	84%	58%	84%
<i>P. micans</i>	2,23×10 <sup>6</sup>	79%	68%	73%	90%
<i>Prorocentrum</i> sp. 2	1,86×10 <sup>5</sup>	80%	60%	79%	92%
<i>Protoperidinium</i> spp.	2,45×10 <sup>5</sup>	82%	77%	73%	94%
Diatomáceas					
<i>Coscinodiscus</i> spp.	3,19×10 <sup>5</sup>	51%	60%	82%	26%
<i>Cyclotella</i> spp.	2,88×10 <sup>5</sup>	70%	88%	88%	50%
<i>Cymatosira lorenziana</i>	5,58×10 <sup>5</sup>	52%	72%	52%	42%
<i>Thalassiosira</i> spp.	4×10 <sup>4</sup>	91%	100%	97%	84%
Outros					
Ciliados	4,12×10 <sup>4</sup>	33%	52%	52%	12%
Cocolitoforídeos	3,45×10 <sup>5</sup>	44%	0%	0%	76%
Silicoflagelados	2,21×10 <sup>5</sup>	44%	88%	73%	4%



FIG. 12 TÁXONS PRESENTES NAS AMOSTRAS: A – *Ceratium* spp, B e C – Ciliados spp. D – *Torodinium rubrum*, E – *Prorocentrum micans*, F – *P. minimum*, G – *Thalassiosira* sp., H – *Prorocentrum* sp. 2, I – *Prorocentrum scutellum*, J – Dinoflagelado não identificado, K – Cocolitoforídeo sp. BARRA DE ESCALA: 50 µm EM A,B,C,H, I e K; 20 µm EM D, E, F, G e J.

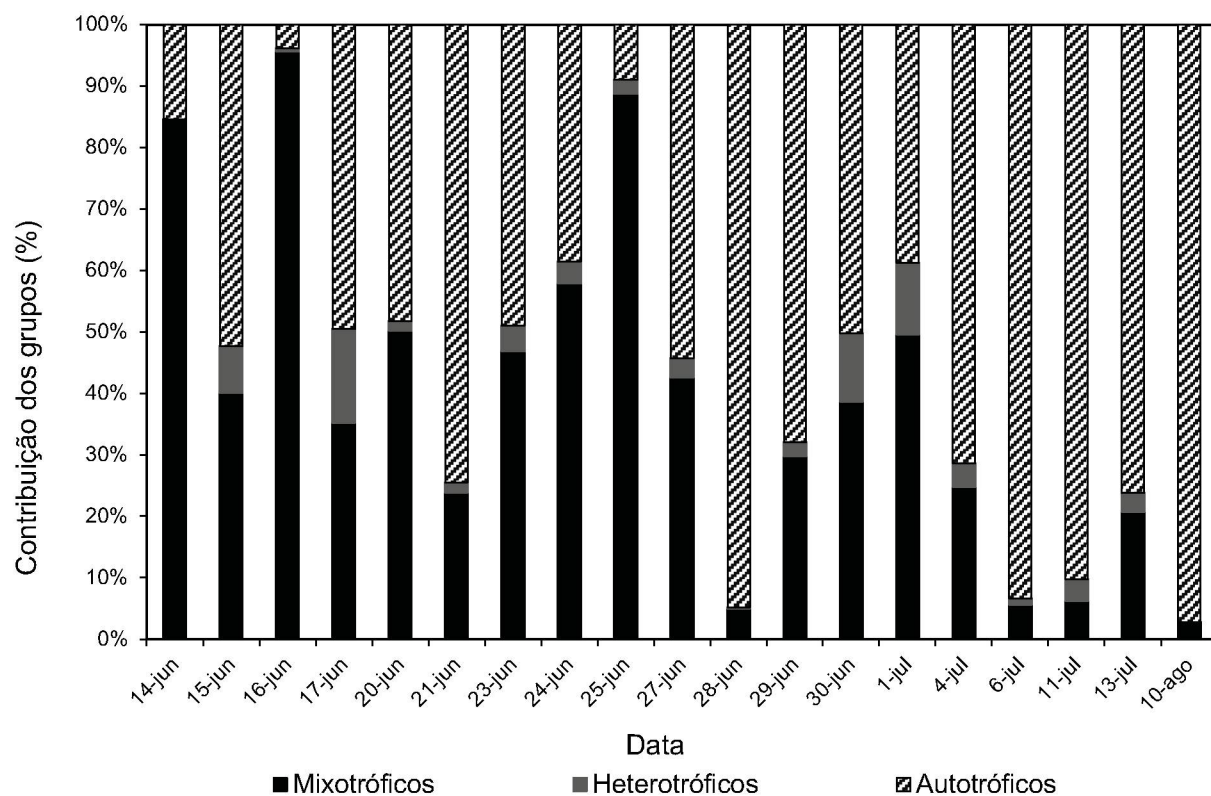


FONTE: O AUTOR (2019)

Os dinoflagelados mixotróficos, representados por *Ceratium* spp. (FIG. 12A), complexo *Dinophysis acuminata*, *Prorocentrum minimum* (FIG. 12F), *P. micans* (FIG. 12E), e *P. scutellum* (FIG. 12I), ocorreram em abundância elevada até o dia 25/06, chegando a representar, em conjunto, até 90% da comunidade planctônica no dia 16/06 (FIG. 13). Enquanto isso, o ciliado fotossintetizante *Mesodinium rubrum*, outro organismo mixotrófico que, assim como *Dinophysis* spp. é capaz de realizar cleptoplastia, foi reportado em apenas 8% das amostras preservadas com lugol. Com abundância média de  $7,5 \times 10^2$  cél.L<sup>-1</sup> (<LD– $9,66 \times 10^4$  céls.L<sup>-1</sup>), este ciliado atingiu a maior densidade no setor AN em 27/06. A maior densidade somada entre os mixotróficos foi registrada no setor AN com valor médio de  $2,76 \times 10^5$  cél.L<sup>-1</sup> durante o período, em comparação com os demais setores ( $3,61 \times 10^4$ – $2,15 \times 10^5$  cél.L<sup>-1</sup>) (TABELA 3).

Microrganismos heterotróficos planctônicos também ocorreram em abundância relativamente elevada entre 14 e 27/06 (FIG. 13) sendo que a maior densidade média foi registrada no CEP,  $4,86 \times 10^4$  cél.L<sup>-1</sup> (TABELA 3). Posteriormente, houve um decréscimo da contribuição heterotrófica e mixotrófica e um aumento da autotrófica em todos os setores da área de estudo. Entre os heterotróficos, os ciliados foram frequentes (62%) em todos os setores, com densidades médias entre  $2,71 \times 10^3$ – $5,13 \times 10^3$  cél.L<sup>-1</sup> e máxima de  $1,39 \times 10^5$  cél.L<sup>-1</sup> na BP no dia 15/06. Os dinoflagelados heterotróficos *Gyrodinium* spp., *Protoberidinium* spp., *Noctiluca scintillans* e *Torodinium robustum* (FIG. 12D), também foram reportados frequentemente. A maior abundância média de dinoflagelados heterotróficos foi registrada no CEP ( $3,5 \times 10^4$  cél.L<sup>-1</sup>) e a menor na BG ( $1,06 \times 10^4$  cél.L<sup>-1</sup>). Elevadas densidades de dinoflagelados heterotróficos coincidiram com os dias de elevadas densidades do complexo *D. acuminata*.

FIG. 13 CONTRIBUIÇÃO MÉDIA DIÁRIA DOS MICRORGANISMOS MIXOTRÓFICOS, HETEROTRÓFICOS E AUTOTRÓFICOS (%) NO PLÂNCTON, ENTRE OS DIAS 14 DE JUNHO E 10 DE AGOSTO DE 2016.



FONTE: O AUTOR (2019)



TABELA 3. DENSIDADES MÉDIAS (CÉLS.L<sup>-1</sup>), COM VALORES MÍNIMOS E MÁXIMOS ENTRE PARÊNTESES, DE MICRORGANISMOS AUTOTRÓFICOS, MIXOTRÓFICOS E HETEROTRÓFICOS NOS SETORES BAÍAS DE GUARATUBA (BG) E COMPLEXO ESTUARINO DE PARANAGUÁ (CEP) E ÁGUAS NERÍTICAS (AN) DURANTE O PERÍODO DE COLETA (13 DE JUNHO A 10 DE AGOSTO DE 2016).

Setores	BG	CEP (cél.L <sup>-1</sup> )	AN
<b>Autotróficos (total)</b>	5,11×10 <sup>4</sup> (2,40×10 <sup>2</sup> –1,79×10 <sup>5</sup> )	6,87×10 <sup>5</sup> (1,60×10 <sup>2</sup> –1,88×10 <sup>7</sup> )	5,94×10 <sup>5</sup> (4×10 <sup>2</sup> –1,13×10 <sup>7</sup> )
<b>Mixotróficos</b>			
<i>Ceratium</i> spp.	1,03×10 <sup>4</sup> (<LD–9,91×10 <sup>4</sup> )	6,84×10 <sup>4</sup> (<LD–2,23×10 <sup>6</sup> )	1,62×10 <sup>4</sup> (4×10 <sup>2</sup> –9,62×10 <sup>4</sup> )
Complexo <i>Dinophysis acuminata</i>	1,24×10 <sup>5</sup> (<LD–6,95×10 <sup>4</sup> )	3,94×10 <sup>4</sup> (<LD–2,61×10 <sup>5</sup> )	2,38×10 <sup>5</sup> (<LD–5,16×10 <sup>6</sup> )
<i>Prorocentrum scutellum</i>	3,14×10 <sup>4</sup> (<LD–2,85×10 <sup>4</sup> )	3,03×10 <sup>4</sup> (<LD–7,43×10 <sup>5</sup> )	1,22×10 <sup>4</sup> (<LD–5,57×10 <sup>4</sup> )
<i>P. minimum</i>	9,22×10 <sup>3</sup> (<LD–3,81×10 <sup>4</sup> )	9,01×10 <sup>3</sup> (<LD–5,89×10 <sup>3</sup> )	7,16×10 <sup>3</sup> (<LD–1,25×10 <sup>5</sup> )
<i>P. micans</i>	1,08×10 <sup>3</sup> (<LD–6,80×10 <sup>3</sup> )	6,77×10 <sup>4</sup> (<LD–2,23×10 <sup>6</sup> )	2,31×10 <sup>3</sup> (<LD–1,02×10 <sup>4</sup> )
Total	3,61×10 <sup>4</sup> (<LD–7,1×10 <sup>4</sup> )	2,15×10 <sup>5</sup> (<LD–5,45×10 <sup>6</sup> )	2,76×10 <sup>5</sup> (7×10 <sup>2</sup> –5,28×10 <sup>6</sup> )
<b>Heterotróficos</b>			
<i>Gyrodinium</i> sp.	8,09×10 <sup>2</sup> (<LD–3,92×10 <sup>3</sup> )	1,72×10 <sup>4</sup> (<LD–5,58×10 <sup>5</sup> )	5,68×10 <sup>3</sup> (4×10 <sup>1</sup> –9,35×10 <sup>4</sup> )
<i>Noctiluca scintillans</i>	2,48×10 <sup>2</sup> (<LD–1,92×10 <sup>3</sup> )	6,85×10 <sup>1</sup> (<LD–1,57×10 <sup>3</sup> )	6,75×10 <sup>2</sup> (<LD–2,35×10 <sup>4</sup> )
<i>Protoperdinium</i> spp.	1,4×10 <sup>3</sup> (<LD–7,32×10 <sup>3</sup> )	8,8×10 <sup>3</sup> (<LD–2,45×10 <sup>5</sup> )	6,7×10 <sup>3</sup> (<LD–4,95×10 <sup>4</sup> )
<i>Torodinium robustum</i>	1,26×10 <sup>2</sup> (<LD–9,81×10 <sup>2</sup> )	2,51×10 <sup>2</sup> (<LD–3,14×10 <sup>3</sup> )	6,19×10 <sup>2</sup> (<LD–3,92×10 <sup>3</sup> )
Ciliados	2,83×10 <sup>3</sup> (<LD–4,12×10 <sup>4</sup> )	4,89×10 <sup>4</sup> (<LD–5,89×10 <sup>3</sup> )	3,24×10 <sup>3</sup> (<LD–1,52×10 <sup>4</sup> )
Total	6,02×10 <sup>3</sup> (<LD–4,96×10 <sup>4</sup> )	4,86×10 <sup>4</sup> (<LD–1,5×10 <sup>6</sup> )	2,33×10 <sup>4</sup> (<LD–1,09×10 <sup>5</sup> )

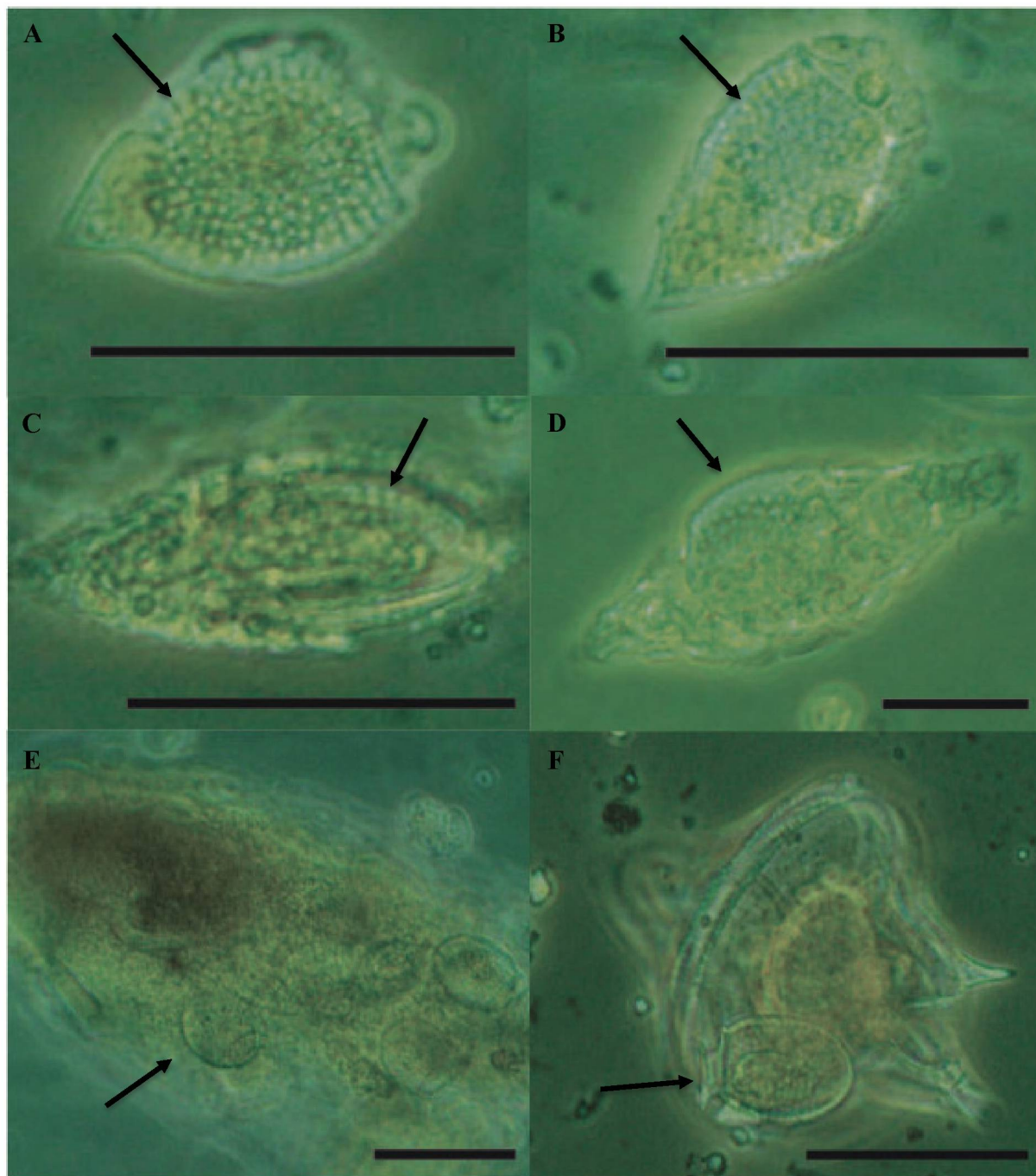
## 5.7 Ingestão de microalgas por organismos heterotróficos

Células do complexo *D. acuminata* foram observadas no interior de organismos heterotróficos, incluindo ciliados e os dinoflagelados *Noctiluca scintillans* e *Gyrodinium* spp., em pelotas fecais de zooplâncton (FIG. 14) e em estruturas tipo “pallium” (FIG. 15). Além disso, uma célula de *Dinophysis* foi encontrada aderida ao lado externo da parede celular de uma célula de *Protoperidinium* sp., possivelmente no início do processo de fagocitose (FIG. 14F). Em especial, em uma amostra das águas neríticas, foi registrada uma abundância de aproximadamente 200 cél.L<sup>-1</sup> de *Gyrodinium*, 240 cél.L<sup>-1</sup> de ciliados e 320 cél.L<sup>-1</sup> de *Noctiluca scintillans* contendo ao menos uma célula de *Dinophysis* em seu interior.

Os conteúdos alimentares dos vacúolos de aproximadamente 3.000 indivíduos de *Noctiluca scintillans* foram examinados nas 11 amostras de zooplâncton. Os indivíduos de *N. scintillans* analisados continham até 8 células de microalgas no seu interior, com valores médios nas amostras entre 1,2 e 2,9 cél.indivíduo<sup>-1</sup>. Células do complexo *Dinophysis acuminata* foram encontradas em 1 a 7% dos indivíduos de *N. scintillans*, que continham 1 ou 2 células de *Dinophysis* cada. Outros dinoflagelados potencialmente tóxicos, como *Ostreopsis* sp. e *Prorocentrum* sp., também foram encontrados eventualmente em 1 a 3% dos indivíduos de *N. scintillans* presentes nas amostras (FIG. 16).

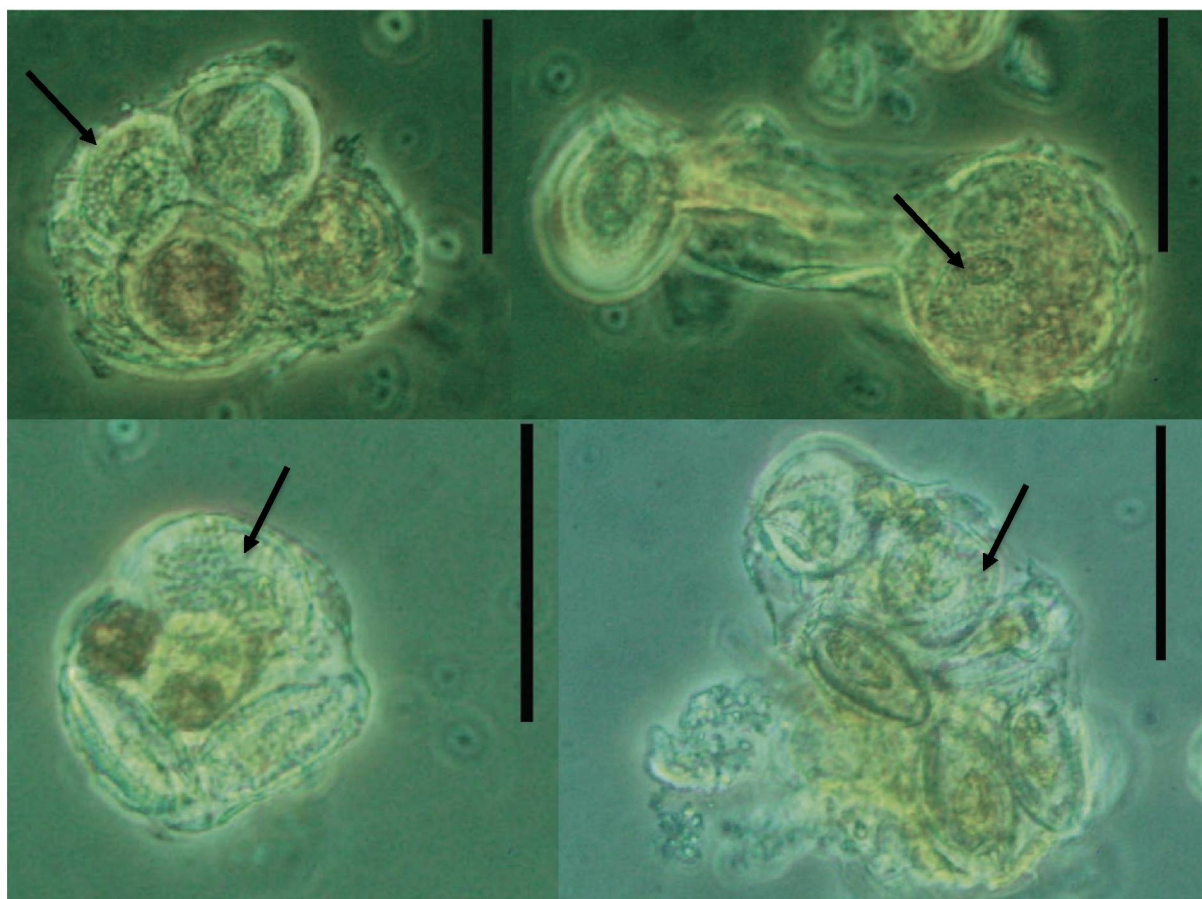
Nas amostras do dia 16/06, o conteúdo dos vacúolos de *N. scintillans* foi dominado por células de diatomáceas, principalmente de *Thalassiosira* spp. e *Coscinodiscus* spp., que representaram 42–89% do conteúdo total ingerido por *N. scintillans*, considerando as microalgas e as partículas de matéria parcialmente digerida, que não puderam ser identificadas. No dia 24/06, já no início da segunda metade do período mais intenso da floração, 79% dos indivíduos de *N. scintillans* continham matéria parcialmente digerida ou de difícil identificação. Além disso, também foram encontrados cistos de dinoflagelados, copépodes intactos e/ou pedaços e pelotas fecais de zooplâncton em seus vacúolos alimentares (FIG. 16).

FIG. 14 CÉLULAS DO COMPLEXO *Dinophysis acuminata* (INDICADAS PELAS SETAS) NO INTERIOR DE: (A e B) *Gyrodinium* spp., (C) PELOTAS FECAIS DE ZOOPLÂNCTON, (D e E) CILIADOS, E (F) ADERIDA A UM INDIVÍDUO DE *Protoperidinium* sp. BARRA DE ESCALA: 50  $\mu$ m EM A,B,C,E e F; 20  $\mu$ m EM D.



FONTE: O AUTOR (2019)

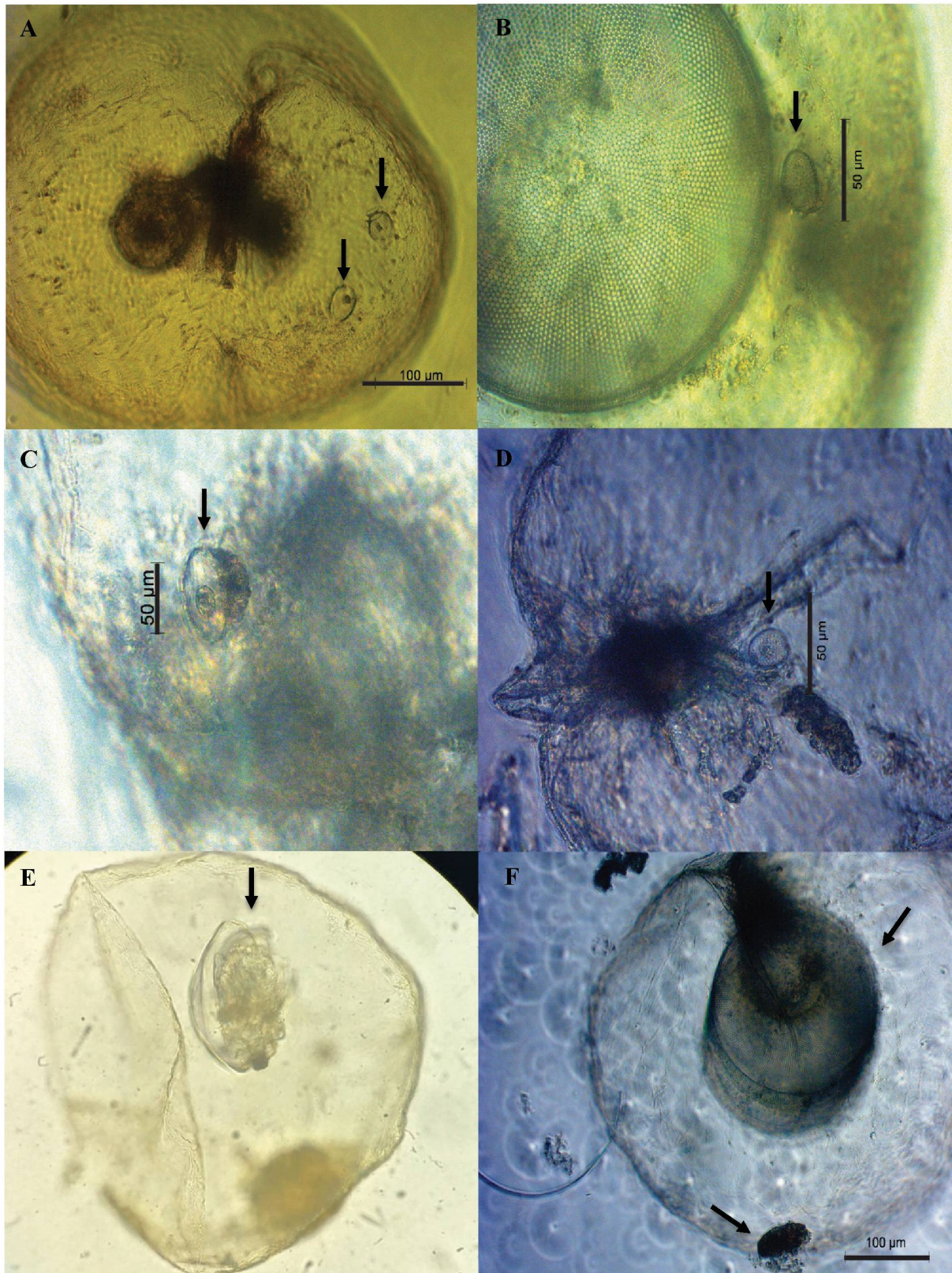
FIG. 15 CÉLULAS DO COMPLEXO *Dinophysis acuminata* (INDICADAS PELAS SETAS)  
NO INTERIOR DE ESTRUTURAS TIPO “PALLIUM”. BARRA DE ESCALA: 50  $\mu$ m



FONTE: O AUTOR (2019)



FIG. 16 DINOFLAGELADO HETEROTRÓFICO *Noctiluca scintillans* CONTENDO CÉLULAS (INDICADAS PELAS SETAS) DO COMPLEXO *Dinophysis acuminata* (A e B), *Ostreopsis* sp. (C), E *Prorocentrum* sp. (D), ALÉM DE UM COPEÍPODE INTEIRO (E), DE UMA GRANDE CÉLULA DE *Coscinodiscus* sp. E DE UMA PELOTA FECAL DE COPEÍPODE (F).



FONTE: O AUTOR (2019)

## 5.8 Assembleia zooplanctônica

O dinoflagelado heterotrófico *Noctiluca scintillans*, que foi mais abundante do que todos os demais organismos do zooplâncton em conjunto, atingiu abundâncias maiores no dia 24/06 ( $1,1 \times 10^3$ – $1,1 \times 10^5$  ind.m<sup>-3</sup>) em comparação às amostras de 16/06 ( $6,1 \times 10^3$ – $1,2 \times 10^4$  ind.m<sup>-3</sup>). De modo inverso, as maiores abundâncias dos demais organismos do zooplâncton foram observadas no dia 16/06 (725–1.663 ind.m<sup>-3</sup>), em comparação com aquelas registradas nas amostras do dia 24/06 (147,6–803,7 ind.m<sup>-3</sup>). A fauna zooplanctônica foi composta por indivíduos adultos e juvenis pertencentes aos táxons Copepoda, Cladocera, Chaetognatha, Appendicularia, Hydromedusa, além de larvas de crustáceo Decapoda (fase zoé de camarão e caranguejo), larvas de Polychaeta e náuplios de Cirripedia. Nas amostras do dia 16/06, houve uma predominância dos copépodes, principalmente das espécies *Temora turbinata*, *Labidocera fluviatilis*, *Acartia lilljeborgi*, *Oithona hebes*, *Corycaeus* sp. e *Pseudodiaptomus acutos*, além de Appendicularia. Por sua vez, as amostras do dia 24/06 foram, em geral, dominadas por *Noctiluca scintillans* e por diferentes gêneros de Cladocera (*Podon* sp., *Evadne* sp. e *Penilla* sp.).

## 5.9 Toxinas

### 5.9.1 Toxinas no séston

Durante a floração, o ácido ocadaico (AO) foi a única toxina diarreica encontrada na fração particulada (séston; <300 µm) das amostras de água do mar. De forma geral, as maiores concentrações de AO foram detectadas nos dias em que foram registradas as maiores densidades celulares do complexo *D. acuminata* (FIG. 17). A maior concentração de AO foi medida em uma amostra do setor Águas neríticas em 16 de junho ( $3 \times 10^5$  ng.L<sup>-1</sup>), coincidindo com uma densidade bastante elevada de células do complexo *D. acuminata* ( $1,65 \times 10^6$  cél.L<sup>-1</sup>). As concentrações da toxina variaram de <LD a  $3 \times 10^5$  ng.L<sup>-1</sup>, em geral diminuindo ao longo dos dias amostrados de modo similar à abundância do complexo *D. acuminata*, atingindo valores médios de somente 11 ng AO.L<sup>-1</sup> (8,7–13,07 ng.L<sup>-1</sup>) e 240 cél.L<sup>-1</sup> (>LD–480 cél.L<sup>-1</sup>), respectivamente, no dia 11/07.

Na Baía de Guaratuba, as concentrações médias de AO aumentaram no dia 21/06, atingindo  $3 \times 10^3$  ng.L<sup>-1</sup> ( $1,7$ – $4 \times 10^3$  ng.L<sup>-1</sup>), e este padrão também foi observado nas abundâncias médias do complexo *D. acuminata*. As concentrações de AO no séston se mantiveram elevadas até o dia 29/06 neste local e, após este período, os valores diminuíram

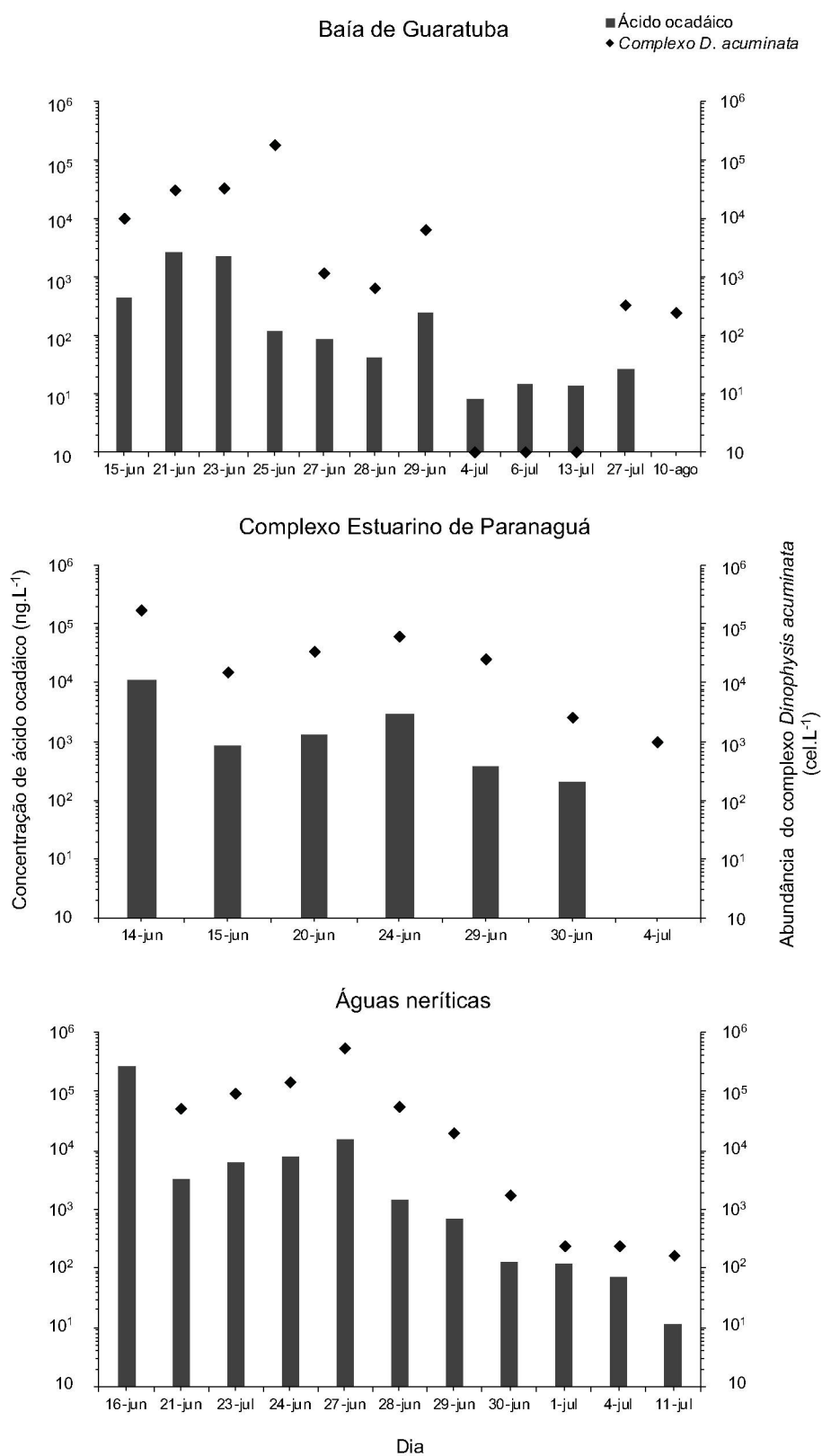
até se tornarem indectáveis em 10/08. Na Baía de Paranaguá, elevadas concentrações de AO (máximas de  $1,5 \times 10^4$  ng.L<sup>-1</sup>), assim como altos valores de abundância média do complexo *D. acuminata* ( $2 \times 10^5$  cél.L<sup>-1</sup>) foram mensuradas no dia 14/06. As concentrações de AO diminuíram significativamente ao longo dos dias amostrados, até ficarem abaixo do limite de detecção no dia 04/07 (Anexo 9.4).

#### 5.9.2 Toxinas no zooplâncton

As concentrações de AO detectadas na fração das amostras que continha os organismos zooplantônicos (>300 µm) – dominados pelo dinoflagelado *Noctiluca scintillans* e por Copepoda e Cladocera – variaram entre 5,7 e 153,93 ng.g<sup>-1</sup>. Menores concentrações foram detectadas no dia 16/06 (5,71 e 77,53 ng.g<sup>-1</sup>), sendo os maiores níveis associados às amostras do CEP. No dia 24/06, foi detectada a maior concentração de AO no zooplâncton dentre todos os locais e dias amostrais: 153,93 ng.g<sup>-1</sup> no setor Águas neríticas. Nesta data, as demais amostras continham concentrações variando entre 13,70 e 79,56 ng.g<sup>-1</sup>.



FIG. 17 CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE ÁCIDO OCADÁICO (AO) NO SÉSTON E DENSIDADE MÉDIA DO COMPLEXO *Dinophysis acuminata* AO LONGO DOS DIAS AMOSTRADOS NOS SETORES BAÍA DE GUARATUBA, COMPLEXO ESTUARINO DE PARANAGUÁ E ÁGUAS NERÍTICAS.



FONTE: O AUTOR (2019)



## 5.10 Relações entre a abundância do complexo *D. acuminata* e as variáveis testadas no modelo estatístico

As variáveis ambientais com maiores influências na distribuição espacial do complexo *D. acuminata* foram a velocidade do vento, salinidade, silicato e nitrato. Entre as variáveis biológicas, as criptofíceas, ciliados, ciliados tintinídeos e dinoflagelados *Ceratium* spp., *Noctiluca scintillans*, *Prorocentrum scutellum*, *P. micans* e *Torodinium robustum* apresentaram relações com a distribuição de *Dinophysis*. Adicionalmente, foi avaliado se essas relações se davam de forma direta (i.e. espera-se encontrar maiores densidades relacionadas aos maiores valores do parâmetro) ou de forma inversa (i.e. menores densidades relacionadas aos maiores valores). Desta forma, observou-se que a concentração de silicato apresentou relação direta com a densidade da espécie. Enquanto a velocidade do vento, a salinidade e o nitrato foram relacionados de forma inversa. Entre as espécies mixotróficas e heterotróficas escolhidas para serem testadas pelo modelo, as densidades de *Ceratium* spp., ciliados, criptofíceas, *P. micans* e *Torodinium robustum* apresentaram relações diretas com a abundância de *Dinophysis*. Além disso, as densidades de *Noctiluca scintillans*, *P. scutellum* e de tintinídeos foram relacionadas de forma inversa com *Dinophysis* (TABELA 4).

O modelo apresentou uma correlação temporal (Rho) entre os períodos testados. Além disso, o modelo calculou uma área de influência (Range) de 3,61 km ao redor de cada ponto amostral, a qual pode ser considerada geograficamente abrangente.

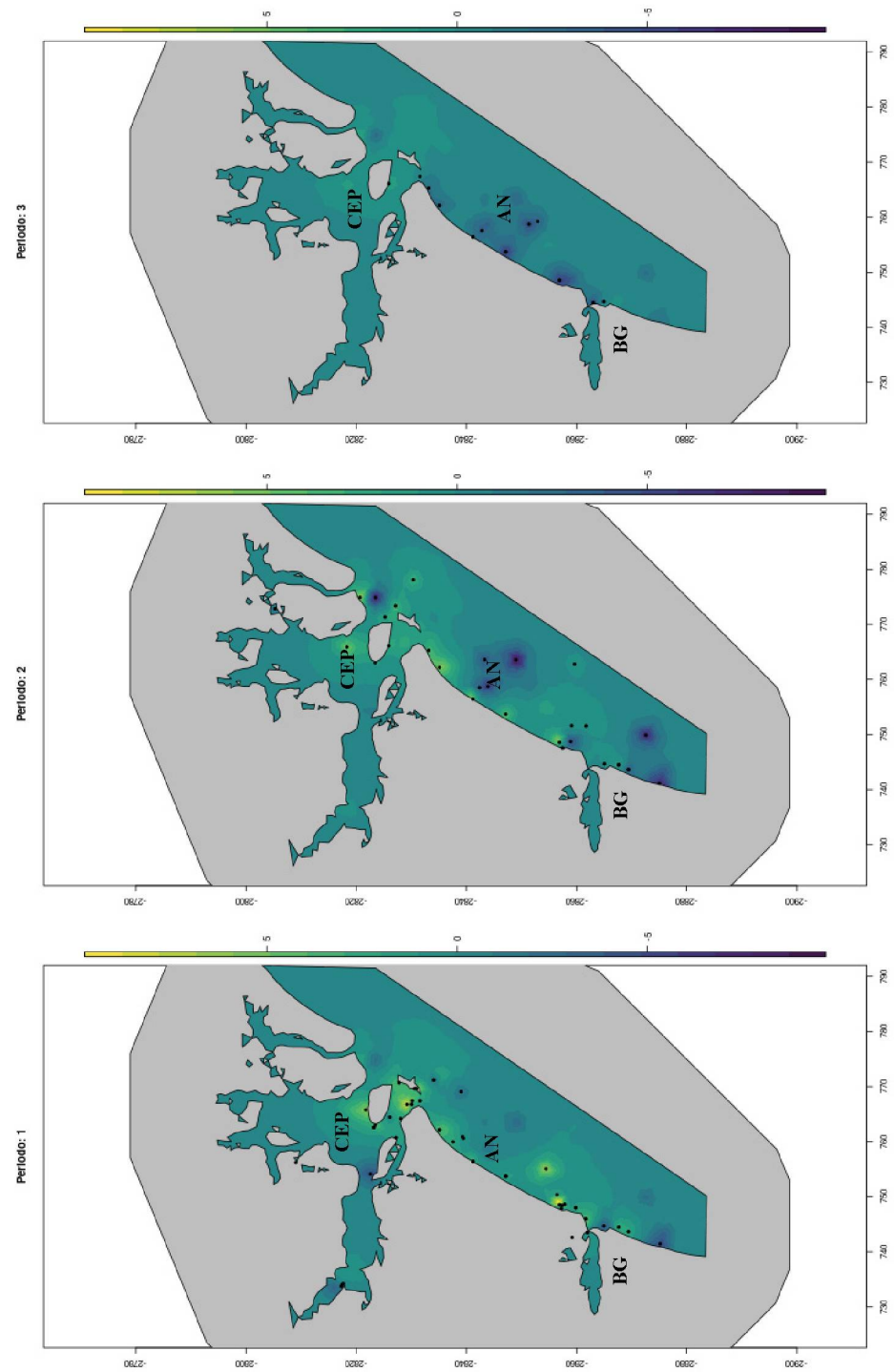
TABELA 4 VARIÁVEIS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS QUE APRESENTARAM RELAÇÕES DIRETAS (SINAIS POSITIVOS) E INVERSAS (SINAIS NEGATIVOS) COM AS DENSIDADES CELULARES DO COMPLEXO *D. acuminata*. RESULTADOS ESTATÍSTICOS GERADOS PELO MODELO HIERÁRQUICO BAYESIANO ESPAÇO-TEMPORAL: SIGMA É A VARIÂNCIA MARGINAL DA FUNÇÃO DE CORRELAÇÃO MATERM, RANGE 2 É O ALCANÇE DA DEPENDÊNCIA ESPACIAL, E RHO É A CORRELAÇÃO TEMPORAL

	Média	Desvio padrão	0,025 quartis	0,5 quartis	0,975 quartis
Média geral do modelo	-0,24	0,53	-1,30	-0,24	0,80
Velocidade do vento	-2,06	0,22	-2,50	-2,06	-1,63
Salinidade	-0,43	0,03	-0,51	-0,43	-0,36
Silicato	0,59	0,03	-0,53	-0,59	0,65
Nitrato	-0,77	0,02	-0,83	-0,77	-0,71
Ácido ocadáico	-0,12	0,008	-0,14	-0,12	-0,11
<i>Ceratium</i> spp.	0,28	0,01	0,25	0,28	0,31
Ciliados	1,72	0,03	1,65	1,72	1,79
Criptofíceas	0,40	0,03	0,34	0,40	0,46
<i>Noctiluca scintillans</i>	-0,95	0,14	-1,24	-0,95	-0,67
<i>Prorocentrum scutellum</i>	-0,33	0,03	-0,41	-0,33	-0,26
<i>Prorocentrum micans</i>	1,97	0,03	1,90	1,97	2,05
Tintinídeos	-1,83	0,06	-1,96	-1,83	1,71
<i>Torodinium robustum</i>	2,02	0,13	1,76	2,02	2,27
Sigma	3,29	0,25	2,83	3,28	3,83
Range	3,61	0,64	2,51	3,56	5,04
Rho	0,26	0,18	-0,12	0,27	0,59

#### 5.11. Predição da distribuição espacial do complexo *D. acuminata*

Segundo a distribuição espacial gerada pelo modelo, as maiores densidades do complexo *D. acuminata* são esperadas durante o primeiro período da floração, entre os dias 14 a 25/06. No segundo período (27–30/06), espera-se encontrar densidades mais baixas, com os maiores valores próximos a praia e nos pontos mais internos do CEP (FIG. 18). Densidades significativamente menores são esperadas para o terceiro período (01/07–10/08), principalmente nas áreas próximas ao setor BG e AN (FIG. 18).

FIG. 18 PREDIÇÃO DO EFEITO ESPACIAL NA DISTRIBUIÇÃO DA DENSIDADE DE CÉLULAS DO COMPLEXO *Dinophysis acuminata* NOS SETORES BAÍA DE GUARATUBA (BG), BAÍA DE PARANAGUÁ (BP) E ÁGUAS NERÍTICAS (AN) DURANTE TRÊS PERÍODOS DISTINTOS: (1) DESENVOLVIMENTO DA FLORAÇÃO (14-25/06), (2) FASE FINAL DA FLORAÇÃO (27-30/06) E (3) PERÍODO PÓS-FLORAÇÃO (01/07-10/08). AS MAIORES DENSIDADES PREVISTAS ESTÃO REPRESENTADAS PELAS CORES ASSOCIADAS AOS VALORES POSITIVOS NAS BARRAS DE ESCALA



FONTE: Fernando Mayer, Departamento de Estatística/UFPR

## 6. DISCUSSÃO

Este trabalho relata a dinâmica da comunidade planctônica durante o desenvolvimento da maior floração de *Dinophysis* spp. já reportada, que atingiu o sul do Brasil em 2016. Os principais fatores que influenciaram significativamente a distribuição da floração no estado Paraná foram determinados com o auxílio de modelos estatísticos. Além disso, registros de interações tróficas inéditas entre organismos microplanctônicos foram reportados, e o possível papel destes na finalização do evento e/ou transferência de toxinas para os níveis tróficos superiores foi discutido.

### 6.1 Evolução espaço-temporal da floração do complexo *Dinophysis acuminata* ao longo da costa sul e sudeste do Brasil

Em maio de 2016, uma floração excepcionalmente intensa de dinoflagelados pertencentes ao complexo *Dinophysis acuminata* atingiu a costa sul do Brasil. Os primeiros registros foram realizados pelo Programa Estadual de Controle Higiênico Sanitário de Moluscos no estado de Santa Catarina no dia 23 de maio (IFSC, 2016).

O evento foi fortemente influenciado pela penetração das águas frias e de baixa salinidade provenientes do Rio da Prata, Argentina (PROENÇA et al., 2017). A descarga do Rio da Prata forma uma pluma que pode se estender por uma faixa estreita ao longo da costa do Uruguai e sul do Brasil, sendo seu transporte e extensão controlados, principalmente, pelos ventos sazonais (PIOLA et al. 2005). Além disso, suas águas misturam-se as águas frias Sub-Antárticas sobre a plataforma argentina e são transportadas para o norte pela Corrente Costeira do Brasil (BRANDINI et al., 2018). Nos meses de inverno (junho-setembro), os ventos de sul deslocam esta Pluma para o norte da região de desembocadura; o transporte onshore de Ekman, derivado destes ventos, concentra então esta massa d'água contra a costa (PIOLA et al. 2000; MÖLLER Jr et al., 2008). Desta forma, a Pluma do Prata (PP) pode ocupar uma faixa costeira de aproximadamente 60 km de largura, com o consequente deslocamento das massas d'água previamente presentes na região para longe da costa (MÖLLER Jr et al., 2008).

Estudos pretéritos mostram que a PP tem grande influência sobre a distribuição e o aumento da biomassa de fitoplâncton no Atlântico Sul, devido às grandes concentrações de nutrientes que estas transportam (BRANDINI, 1990; GONÇALVES-ARAUJO et al., 2012; 2018; BRANDINI et al., 2014). Além de ser considerada como fator chave para florações de dinoflagelados na Argentina, Uruguai e no sul do Brasil (ISLABÃO et al., 2017 e referências),

as características físico-químicas da PP potencialmente favoreceriam o crescimento, o acúmulo e a dispersão de florações de algas nocivas na plataforma sul do Brasil (BRANDINI et al., 2018). Com efeito, na última década diversas espécies tóxicas já foram reportadas na região, inclusive elevadas densidades de *Dinophysis acuminata* na desembocadura do Rio da Prata (MÉNDEZ E CARRETO, 2018), bem como florações desta espécie (e.g. PROENÇA et al., 2017; ALVES et al., 2018; ALVES e MAFRA, 2018) e de *Pseudo-nitzschia* spp. (FERNANDES et al., 2013) ao longo do litoral catarinense.

Entre os meses de abril e junho de 2016, antes do evento atingir a costa do Paraná, as taxas de precipitação na região da bacia do Prata chegaram a apresentar valores acumulados até 400 mm acima da média histórica, aumentando significativamente o aporte destas águas na região (LUZ, 2019). As correntes superficiais da plataforma continental sudeste do Brasil também estavam mais intensas e com direção para nordeste durante um longo período (SOUZA et al., 2017). Em consequência, houve uma expansão excepcional, tanto em intensidade quanto em deslocamento, da PP para a plataforma continental ao longo da costa do Uruguai e do sul do Brasil. Durante este período, foram encontradas as maiores anomalias – tanto em magnitude quanto em extensão (36°S–24°S) – na concentração de clorofila-*a* nos últimos 15 anos (SOUZA et al., 2017). Desta forma, o elevado aporte das águas ricas em nutrientes do Rio da Prata, a mudança repentina na direção e intensidade dos ventos, e a diminuição da temperatura e salinidade foram os mecanismos responsáveis para o desenvolvimento da floração do complexo *Dinophysis acuminata* durante este período, e pelo seu transporte ao longo de centenas de quilômetros (PROENÇA et al. 2017).

Apesar das limitações dos dados deste trabalho para confirmar a presença da Pluma do Prata no estado do Paraná, fortes evidências indicam que estas águas avançaram para a área de estudo. As imagens de satélite obtidas neste trabalho de maio a agosto de 2016 mostram águas mais frias (aproximadamente 17°C) vindo do sul e avançando para a nossa área de estudo em junho (Fig. 4). As baixas salinidades encontradas durante todo o período amostrado (19,6–26,7) coincidindo com baixas taxas de precipitação atmosférica entre junho a agosto na região, por exemplo, indicam que a diminuição da salinidade ao longo da costa tem pouca – ou nenhuma – relação com o aporte local de águas continentais. Além disso, as elevadas concentrações de nutrientes mensuradas neste trabalho indicam a presença da Pluma do Prata, como discutido mais adiante. Finalmente, o regime de ventos, importante mecanismo de advecção de águas costeiras, foi dominado por ventos de quadrante sul com velocidade relativamente elevada (até 9 m.s<sup>-1</sup>) ao longo do período.

Devido à detecção desta floração em maio no estado de Santa Catarina, foi possível prever a ocorrência do evento nos estados mais ao norte. No Paraná, elevadas abundâncias de *Dinophysis* foram detectadas no início de junho (máximas de  $2,6 \times 10^5$  céls.L<sup>-1</sup> no dia 14 de junho). A floração evoluiu e estendeu-se rapidamente por toda a costa paranaense, atingindo a maior densidade já reportada para esta espécie ( $5,04 \times 10^6$  céls.L<sup>-1</sup>) no dia 25 de junho. Posteriormente, as densidades foram diminuindo gradativamente até não serem mais detectadas no dia 13 de julho. As elevadas concentrações de ácido ocadáico detectadas no séston em junho e julho, geralmente coincidindo com abundâncias celulares elevadas de *Dinophysis*, resultaram na intoxicação de pessoas que consumiram mexilhões contaminados (MAFRA et al., 2016b). Além do acúmulo de toxinas em diversas espécies das comunidades do bentos e nécton de interesse comercial no Paraná (MAFRA et al., 2019). Em 29 de junho, relatos de intoxicação em humanos após o consumo de mexilhões foram reportados também no estado de São Paulo, indicando que a floração havia avançado para a região ao norte do litoral paranaense. Abundâncias relativamente mais baixas (máximo de  $4,1 \times 10^4$  céls.L<sup>-1</sup>) do complexo *D. acuminata* foram reportadas no litoral norte de São Paulo em 30 de junho e após esta data, diminuíram até que nenhuma célula fosse mais detectada em 21 de agosto (CETESB, 2017).

Desde a primeira detecção da floração do complexo *D. acuminata* no dia 23 de maio em Santa Catarina até seu virtual desaparecimento nas amostras de São Paulo em 21 de agosto, decorreram-se aproximadamente três meses em que o complexo *D. acuminata* foi dominante no plâncton, alcançando abundâncias celulares recordes nesta e em qualquer outra região do planeta. As elevadas concentrações de toxinas detectadas nas ostras e mexilhões, que são muito consumidas nesta região, causaram dezenas de casos de intoxicação em humanos nos três estados. Em consequência disto, foi necessário decretar a interrupção do consumo e comércio de bivalves em Santa Catarina e no Paraná por um período de aproximadamente dois meses, além de áreas de interdição para banhistas em praias de São Paulo (MAFRA et al., 2016b; CETESB, 2017; PROENÇA et al., 2017). O prejuízo total resultante deste evento de grande escala na economia e no turismo não foram calculados, mas estima-se que superaram os 12 milhões de reais somente no estado de Santa Catarina (PROENÇA et al., 2017).

Apesar de estudos indicarem a massa de água influenciada pela Pluma do Prata como um dos principais fatores que controlam o desenvolvimento de florações de *Dinophysis* no Atlântico Sul (PROENÇA et al., 2017), os fatores que influenciaram o início desta floração massiva e o motivo pelo qual o dinoflagelado toxigênico *Dinophysis* – e não outro táxon qualquer – foi dominante nessa massa d'água ainda precisam ser melhor investigados.

## 6.2 Relações entre os fatores ambientais e a distribuição de *Dinophysis* no Paraná

Estudos recentes têm utilizado modelos que integram variáveis ambientais e densidades de *Dinophysis* para simular e prever florações em diferentes regiões (e.g. RAINE et al., 2010; DÍAZ et al., 2013; AJANI et al., 2016; RUIZ-VILLARREAL et al., 2016). No presente estudo, foi desenvolvido um modelo hierárquico bayesiano espaço-temporal, testando a influência de variáveis ambientais e biológicas sobre a distribuição da abundância do complexo *D. acuminata* no estado do Paraná entre junho e agosto de 2016. Os nossos resultados detectaram influência significativa da velocidade do vento, salinidade e da concentração de nutrientes (silicato e nitrato), além de uma forte associação com diversas espécies planctônicas, conforme discutido mais adiante.

Uma forte relação inversa foi encontrada entre a velocidade do vento e as densidades celulares de *Dinophysis*. Nossos resultados mostraram que nos dias em que a velocidade do vento estava mais baixa ( $0,6\text{--}1,2\text{ m.s}^{-1}$ ), as maiores densidades celulares foram reportadas (até  $5,16 \times 10^6$ ). Como revisto por Peperzak et al. (1996), com uma diminuição na velocidade do vento, há uma redução na turbulência das camadas superiores da coluna d'água e este fenômeno favorece o crescimento de dinoflagelados, principalmente de *D. acuminata*. Como já mencionado anteriormente, o elevado grau de estabilidade d'água, juntamente com a disponibilidade de presas, é determinante para um aumento na densidade de *Dinophysis* (MAFRA et al., 2015 e referências).

As florações de *D. acuminata* são comumente associadas com aumento da estratificação nas camadas superficiais da coluna d'água (e.g. KOUKARAS E NIKOLAIDIS, 2004; VELO-SUARÉZ et al., 2014). Tibiriçá et al. (2015) encontrou as maiores abundâncias de *D. acuminata*, *D. caudata* e *D. tripos* em áreas onde a estratificação da coluna d'água era mais frequente na Baía de Guaratuba. Similarmente, as densidades de *D. acuminata* foram mais altas durante períodos de estratificação (máximas de  $5,7 \times 10^5$ ) na costa oeste da África do Sul (PITCHER et al., 2011). Além disso, por meio de um modelo preditivo desenvolvido a partir da análise das densidades de *Dinophysis* em um estuário na Austrália durante um período de 12 anos, a abundância de *D. acuminata* mostrou forte correlação com a estratificação da coluna d'água, além da temperatura e das concentrações de nutrientes (AJANI et al. 2016). A relação entre a estratificação da coluna d'água e a densidade de *Dinophysis* está relacionada com a capacidade de migração vertical desta espécie, uma vez que estas células podem deslocar-se para as camadas com maiores concentrações de nutrientes e/ou disponibilidade de presas. Como discutido em Tibiriçá et al. (2015), esta característica é importante não apenas para uma



melhor compreensão da ecologia da espécie, mas também para a determinação da metodologia mais adequada para sua detecção em campo.

A ocorrência de *D. acuminata* já foi associada a menores valores de salinidade em estudos de curta duração (~1,5 anos) na Baía de Guaratuba (10–25) (TIBIRIÇÁ et al., 2015) e na Baía de Paranaguá (18–22) (MAFRA et al., 2006), bem como em uma série mais longa de dados (8 anos) na Baía da Babitonga (28–30), norte de Santa Catarina (ALVES et al., 2018). Neste último estudo, as baixas salinidades e as condições meteorológicas influenciadas pelo fenômeno La Niña foram os principais fatores associados com a abundância de *D. acuminata* e com o acúmulo de toxinas diarreicas em moluscos bivalves. No Atlântico Sul, períodos sob influência da La Niña são caracterizados por invernos mais secos que a média e por um resfriamento anômalo da Corrente do Brasil, o que favorece a intrusão da Corrente das Malvinas na costa sul do país (ALVES et al., 2018). Apesar do fraco suporte estatístico para a relação entre a salinidade e a abundância de *Dinophysis* registrada no presente estudo, sabe-se que essas águas menos salinas, influenciadas pela Pluma do Prata, foram responsáveis pelo transporte desta espécie para o litoral do Paraná em 2016.

O modelo desenvolvido neste trabalho indicou uma relação direta entre a concentração de silicato e a distribuição das densidades de *Dinophysis*. As altas concentrações deste nutriente estão relacionadas tanto ao aporte continental na região, sob influência dos sistemas de Paranaguá e Lagoa dos Patos (BRAGA e NIENCHESKI, 2006), como também as águas do Rio da Prata ao longo da plataforma continental (BRAGA et al., 2008). As maiores concentrações deste nutriente (variando de 57  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  a 429  $\mu\text{mol.L}^{-1}$ , nas áreas mais internas do CEP) foram reportadas durante a fase de desenvolvimento da floração no estado do Paraná (14/06–25/06), sugerindo que o silicato é um marcador da Pluma do Prata e do transporte de *Dinophysis*.

Além disso, o modelo indicou uma relação inversa significativa entre a distribuição de *Dinophysis* e as concentrações de nitrato. Durante este estudo, as concentrações de nitrato foram mais elevadas (0,6–30  $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) em comparação com os valores históricos encontrados na região (0,1–13  $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) (FERNANDES, 1992; LANA et al., 2001; BRANDINI et al., 2007; BRANDINI et al., 2014), foram associadas à presença de águas sub-antárticas na Plataforma Continental Sul do Brasil (BRAGA et al., 2008). Por outro lado, o modelo não detectou uma relação entre amônio (2,6–387  $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) e a distribuição de *Dinophysis*, apesar das elevadas concentrações observadas. Pouco se sabe sobre a relação entre a abundância de *Dinophysis* com a disponibilidade de compostos nitrogenados. Estudos mostram que a assimilação de diferentes formas de nitrogênio por *Dinophysis acuminata* pode ocorrer de



forma direta ou indireta, ou seja por meio da ingestão de presas (HATTENRATH-LEHMANN et al., 2015; HATTENRATH-LEHMANN E GOBLER, 2015; TONG et al., 2015). Além disso, experimentos evidenciaram que a assimilação de amônio por *D. acuminata* é mais significativa em relação às outras formas nitrogenadas testadas (uréia e nitrato) (HATTENRATH-LEHMANN E GOBLER, 2015). Portanto, a real importância dos nutrientes no crescimento de *Dinophysis* ainda precisa ser melhor investigada.

### 6.3 Diferenças no tamanho celular de *Dinophysis*

Ao longo deste estudo, ocorreram variações intraespecíficas notáveis no tamanho das células pertencentes ao complexo *Dinophysis acuminata*. Foram detectadas diferenças de até 40  $\mu\text{m}$  no comprimento celular entre células menores e maiores, frequentemente em uma mesma amostra de água do mar. Não houve uma relação clara entre o tamanho celular e os dias amostrados durante a floração, entre junho e agosto de 2016. As variações encontradas podem estar relacionadas aos diferentes estágios de um ciclo de vida polimórfico (i.e., processo de formação de células pequenas, alargamento para as células intermediárias e depois vegetativas) e/ou das condições ambientais que esta população estava exposta (REGUERA E GONZÁLES-GIL, 2001).

Há uma subjetividade na definição do que pode ser considerado como célula pequena, principalmente devido às variações intra-específicas entre populações de diferentes locais. Neste trabalho, foram consideradas células pequenas aquelas com menos de 30  $\mu\text{m}$  de comprimento, que representaram cerca de 13% das células avaliadas; mais de 60% da população era composta por células entre 32,5 e 35  $\mu\text{m}$  e 23% eram maiores que 35  $\mu\text{m}$ . A proporção entre células pequenas e grandes em uma população é geralmente variável, representando entre 1–10% de uma população natural. Células menores são mais frequentemente reportadas durante a fase estacionária da floração, quando a densidade celular é maior (REGUERA et al., 2012 e referências). A presença de células pequenas durante todo o período amostral compreendido por este estudo, representando até 13% da população total, está provavelmente relacionada à fase mais avançada em que a floração se encontrava quando atingiu a costa do Paraná. As elevadas densidades desde o início da amostragem (aproximadamente  $2 \times 10^6$  cél.L<sup>-1</sup> no dia 16/06) indicam que a floração já estava atingindo sua fase estacionária.

Células morfologicamente similares, porém, de tamanhos distintos (entre 21–31  $\mu\text{m}$  e 32–39  $\mu\text{m}$ ) foram observadas em diferentes estágios das florações de *Dinophysis* dominadas

pelo complexo *Dinophysis acuminata* (até 97% da população) na Grécia. As células menores representaram até 50% da população durante seu pico em 2000, enquanto que em 2002, as maiores abundâncias de células pequenas (até 40%) ocorreu durante a fase de declínio. (KOUKARAS E NIKOLAIDIS, 2004). Estas células pequenas podem ser usadas como gametas durante a reprodução sexuada das espécies de *Dinophysis*, e isso pode ser uma estratégia de sobrevivência durante condições ambientais desfavoráveis. Além disso, as células que não foram utilizadas para reprodução sexuada podem desenvolver-se para formas de tamanhos distintos (REGUERA E GONZÁLES-GIL, 2001; ESCALERA E REGUERA, 2008).

No final da floração (30/06), foi encontrada uma estrutura em forma de disco, similar a um cisto, dentro de uma célula do complexo *D. acuminata* (Fig. 5D). Similarmente, cistos de *D. acuta* surgiram durante a fase de declínio de uma floração na Galícia, no noroeste da Espanha (REGUERA et al., 1995). Para o complexo *D. acuminata*, a presença de cistos havia sido ocasionalmente reportada na França (BARDOUIL et al., 1991; MAESTRINI et al., 1997). Reguera et al. (2012) sugeriu que os cistos não desempenham um papel significativo para as populações de *Dinophysis*, uma vez que são extremamente raros na natureza e não são observados em análises das amostras de sedimentos ou em cultivos. No entanto, um maior entendimento sobre o processo de formação dos cistos – e seus fatores estimulantes – pode auxiliar na compreensão do término das florações e o surgimento de novos eventos, incluindo seu possível papel como inóculo populacional.

No período final da floração na costa do Paraná, especialmente no dia 30/06, foram observadas células com a placa hipotecal recém-formada, com contorno paralelo, mas tamanho ligeiramente menor ao da placa hipotecal materna (Fig. 5B e C). O espaço entre a placa recém-formada e a placa materna não apresentou nenhuma ornamentação, sugerindo uma diminuição gradual do tamanho celular. Esta morfologia tem sido interpretada como resultado de sucessivas divisões vegetativas sob condições sub-ótimas, como já sugerido por Reguera e Gonzáles (2001). Apesar das células de *Dinophysis* não diminuírem seu tamanho progressivamente durante a reprodução assexuada como as diatomáceas, as populações estabelecidas durante meses, que se reproduzem sob condições sub-ótimas, podem apresentar uma tendência decrescente no tamanho celular (REGUERA E GONZÁLES, 2001).

A composição de tamanho de uma população natural pode refletir a história anterior das condições ambientais às quais a população foi exposta (REGUERA E GONZÁLES, 2001). Desta forma, uma variação entre as boas condições de crescimento e as condições transitórias podem resultar em uma população com uma mistura de células pequenas, intermediárias e

grandes, como foi possível observar neste trabalho. As observações microscópicas das células em nosso material revelaram 4 tipos morfológicos a saber: (i) variação no tamanho celular, (ii) células menores do que 30  $\mu\text{m}$  ao longo do estudo, (iii) células com placas de diferentes tamanhos e (iv) estrutura semelhante a um cisto encontrada no final desta floração. Estes resultados sugerem que o evento estava atingindo sua fase estacionária de crescimento quando a pluma do Rio da Prata alcançou o estado do Paraná, com células de *Dinophysis* já se reproduzindo sob condições sub-ótimas de recurso alimentar e/ou de nutrientes.

#### 6.4 Assembleia planctônica

As mudanças sazonais comumente observadas na comunidade fitoplanctônica da plataforma sul do Brasil são respostas às alterações regulares nos padrões de circulação hidrográfica regional. Com a intrusão das águas mais frias e ricas em nutrientes durante os meses de inverno, há um aumento expressivo na contribuição relativa de diatomáceas. No verão, a maior influência da Água Tropical na região transportando dinoflagelados, fitoflagelados, coccolitóforídeos e cianofíceas para as áreas costeiras, promove novos aumentos da biomassa fitoplanctônica (FERNANDES, 1992; BRANDINI E FERNANDES, 1996 e referências).

Como já mencionado anteriormente, a advecção das águas do Prata tem grande influência no crescimento e distribuição do fitoplâncton no Atlântico Sul. Estas águas ricas em nutrientes podem causar alterações nas condições ambientais e na composição do fitoplâncton. Durante o inverno de 1983, por exemplo, a dominância de diatomáceas e do dinoflagelado *Ceratium lineatum* na plataforma sul-brasileira foram associadas a influência da Pluma do Prata (BRANDINI, 1990; BRANDINI et al., 2018). Da mesma forma, outros estudos associaram as elevadas densidades de diatomáceas (até 10 vezes maior que a dos outros grupos somados) com a intrusão das águas do Prata misturadas as águas sub-antárticas na costa do Paraná durante o inverno (FERNANDES, 1992; FERNANDES E BRANDINI, 2004). Portanto, a comunidade fitoplanctônica na região é caracteristicamente dominada por espécies microplanctônicas fotoautotróficas em virtude de aportes de nutrientes alóctones por águas frias, bem como da maior pluviosidade e consequente escoamento superficial terrígeno no verão.

Em nosso estudo, a composição e contribuição relativa das espécies na assembléia fitoplanctônica apresentaram-se bastante discrepantes ao longo do inverno de 2016, quando comparadas ao observado na região. Entre os dias 14/06 e 04/07, o microplâncton foi dominado

por dinoflagelados, principalmente nos setores Complexo Estuarino de Paranaguá e Águas Neríticas. Os dinoflagelados foram representados principalmente pelo complexo *D. acuminata* e *Ceratium* spp. O complexo *D. acuminata* foi o táxon mais abundante no microplâncton, com densidades variando de <LD a  $5,04 \times 10^6$  cél.L<sup>-1</sup>. Apesar das diatomáceas terem apresentado uma maior diversidade de táxons, sua abundância foi pelo menos uma ordem de grandeza menor quando comparada a dos dinoflagelados, mesmo com elevadas concentrações de silicato disponíveis. A abundância das diatomáceas aumentou gradativamente no final da floração do complexo *D. acuminata*, seguindo o mesmo padrão de dominância observado na comunidade planctônica dias antes no estado de Santa Catarina, mais ao sul (ALVES e MAFRA, 2018).

Como revisto por Glibert et al. (2016), a forma nitrogenada predominante pode desempenhar um papel regulatório na comunidade fitoplanctônica. O crescimento de diatomáceas é limitado em ambientes com elevadas concentrações de amônio e, além disso, as células apresentam maior eficiência de absorção do nitrato (GLIBERT et al., 2016). Este efeito inibitório do amônio no crescimento de diatomáceas já foi observado em ambientes costeiros, como, em Delaware (YOSHIYAMA E SHARP, 2006), Hong Kong (XU et al., 2010) e São Francisco (GLIBERT et al., 2014) e poderia explicar a baixa contribuição das diatomáceas em nossa área de estudo. Por outro lado, investigações recentes registram os dinoflagelados dominando em ambientes onde o nitrogênio encontra-se principalmente na forma reduzida (i.e. NH<sub>4</sub>), incluindo espécies mixotróficas (GLIBERT et al., 2016 e referências; GLIBERT E BURKHOLDER, 2018). Especificamente, o crescimento por *Dinophysis acuminata* foi positivamente influenciado pelas concentrações de amônio durante uma floração em Nova Iorque (HATTENRATH-LEHMANN et al., 2015) e em experimentos de laboratório utilizando diferentes formas iônicas de nitrogênio (HATTENRATH-LEHMANN E GOBLER, 2015).

Além das características químicas da pluma sobre a plataforma paranaense, as densidades de diatomáceas podem ter se mantido baixas pela atividade herbívora de dinoflagelados e ciliados. Por exemplo, várias células de *Noctiluca*, espécie importante no plâncton, apresentavam diatomáceas em seu interior, especialmente no dia 16/06. Finalmente, espécies mixotróficas e heterotróficas (*Ceratium* spp., *Gyrodinium* spp, *Prorocentrum minimum*, *P. micans* e *P. scutellum*, *Protoperdinium* spp., *Torodinium robustum* e os ciliados) chegaram a representar até 90% da comunidade planctônica, sugerindo que a atividade herbívora deve ter desempenhado alguma contribuição na regulação de outros grupos do fitoplâncton. Esta composição da comunidade também foi observada semanas depois ao norte,

nas águas litorâneas de São Paulo, já com predominância de *Noctiluca scintillans* (CETESB, 2017).

Como mencionado anteriormente, a Pluma do Prata é considerada fator chave para o desenvolvimento de florações de dinoflagelados no Atlântico Sul (ISLABÃO et al., 2017 e referências). Gonçalves-Araujo et al. (2018) analisou a distribuição do fitoplâncton e do microzooplâncton em relação as massas de água ao longo da plataforma continental sul do Brasil (26°S–34°S) durante o inverno. Os autores viram que, apesar da Pluma ser caracterizada pela elevada contribuição de diatomáceas, os dinoflagelados também podem ser responsáveis por altos níveis de biomassa de carbono. Além disso, espécies heterotróficas, principalmente *Protoperdinium* spp., *Gymnodinium* spp. e *Prorocentrum scutellum*, foram bem representadas no domínio da Pluma (GONÇALVES-ARAÚJO et al., 2018).

Ao longo de um transecto entre o Cabo de Santa Marta (28°40'S) e Albardão-Chuí (34°40'S), elevadas abundâncias de *Protoperdinium* foram observadas na região costeira em uma ocasião anterior durante o inverno, quando há uma maior influência da Pluma do Rio da Prata (ISLABÃO E ODEBRECHT, 2011). Segundo Islabão e Odebrecht (2011), possivelmente a Pluma influenciou também na ocorrência de *Prorocentrum minimum* ao longo deste transecto naquela ocasião, em 2005. Relações entre a distribuição das comunidades fitoplânctônicas e massas d'água mostraram que na zona das Águas Sub-Antárticas, próximo a região da confluência Brasil-Malvinas, há uma elevada contribuição de dinoflagelados heterotróficos e mixotróficos (principalmente *Gyrodinium* spp.) e de ciliados (GONÇALVES-ARAÚJO et al., 2012). Além disso, várias espécies tóxicas já foram reportadas na região do Rio da Prata, incluindo o dinoflagelado mixotrófico *Dinophysis acuminata* (MÉNDEZ E CARRETO, 2018).

As espécies de *Dinophysis* são mixotróficas obrigatórias que, em cultivos, dependem simultaneamente da disponibilidade de presas (e.g. ciliado *Mesodinium rubrum*) e de luz para a fotossíntese. No entanto, estas espécies são capazes de sobreviver vários dias sem ingestão de presas e, frequentemente, tem seu alimento limitado no ambiente (PARK et al., 2006; KIM et al., 2008). Durante este estudo foram detectadas baixas densidades celulares de *M. rubrum*, que estiveram presentes em somente 8% das amostras. Pouco tempo antes, no final de maio, densidades celulares máximas de *M. rubrum* (e de criptofíceas, suas presas) foram reportadas uma semana antes do pico de abundância do complexo *D. acuminata* em Santa Catarina (ALVES E MAFRA, 2018). Como revisto por Reguera et al. (2012), correlações entre as abundâncias de *Dinophysis* e de *Mesodinium* precisam ser feitas com cautela, porque a distribuição espacial (horizontal e/ou vertical) destas duas espécies pode não coincidir no momento da amostragem. Além disso, pode haver também um desencontro temporal na

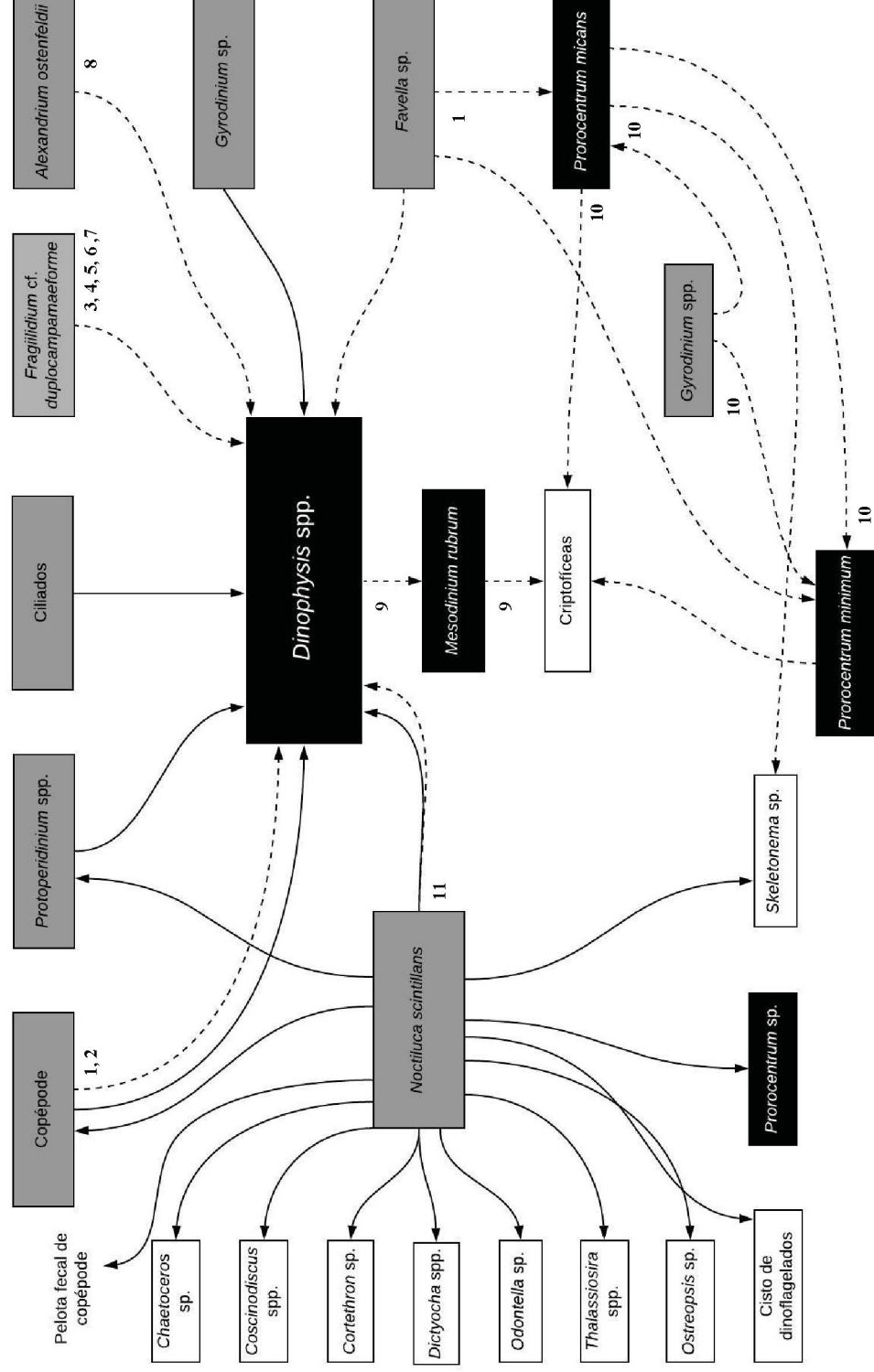
ocorrência das populações, uma vez que depois de saciadas, as células de *Dinophysis* podem realizar várias divisões na ausência de presa – um cenário provável durante a fase estacionária de uma floração.

Por fim, há indícios de que *Dinophysis* possa se alimentar de outros organismos além de *M. rubrum*, como observado por Kim et al. (2012). As espécies de *Dinophysis* isoladas na Coreia, incluindo *D. acuminata*, continham plastídeos derivados de diferentes algas ao mesmo tempo, tais como, das criptofíceas do gênero *Teleaulax/Geminigera* e *Chroomonas* (KIM et al., 2012). Durante incubação das amostras naturais, Hattenrath-Lehmann et al. (2015) observaram uma correlação inversa entre as densidades de *D. acuminata* e de outros grupos planctônicos (*Mesodinium rubrum*, flagelados autotróficos e diatomáceas penadas), sugerindo que as interações tróficas e/ou competição possam ter influenciado na abundância de *Dinophysis* (HATTENRATH-LEHMANN et al., 2015). No entanto, maiores investigações relacionadas à alimentação de *Dinophysis* spp. são necessárias para uma maior compreensão acerca das relações tróficas desses dinoflagelados mixotróficos no ambiente natural, e sua influência para o surgimento e manutenção das florações.

A elevada contribuição de organismos heterotróficos e mixotróficos reportada neste trabalho indica que quando a floração do complexo *D. acuminata* alcançou o estado do Paraná, a comunidade fitoplanctônica da pluma já estava atingindo uma fase sucessiva. Possivelmente, a fase de declínio da floração no decorrer dos meses de julho e início de agosto, tenha sido influenciada pela atividade herbívora dos organismos heterotróficos, como discutido a seguir. Organismos fitoplanctônicos mixotróficos e heterotróficos mudam radicalmente as interações tróficas tradicionais, uma vez que microalgas, tradicionalmente consideradas produtores primários, passam a adquirir nutrientes pela ingestão de presas como bactérias, algas e até mesmo de seus predadores (e.g. FIG. 19) (FLYNN et al., 2018). A compreensão da dinâmica destas interações tróficas é de extrema importância, já que estes organismos constituem a base da teia trófica e sustentam de forma direta ou indireta a vida nos oceanos. Ainda, durante as florações de algas nocivas, tais interações podem ser decisivas para a natureza e magnitude dos impactos relacionados, como a transferência de toxinas ao longo de diferentes níveis tróficos.



FIG. 19 DIAGRAMA CONCEITUAL DAS INTERAÇÕES TRÓFICAS ENTRE ORGANISMOS AUTOTRÓFICOS (BRANCO), MIXOTRÓFICOS (PRETO) E HETEROTRÓFICOS (CINZA). AS LINHAS PRETAS REPRESENTAM INTERAÇÕES REPORTADAS NESTE TRABALHO E AS PONTILHADAS REPRESENTAM OS TRABALHOS REFERENCIADOS ABAIXO



FONTE: O AUTOR (2019)

<sup>1</sup>MANEIRO et al., 2000; <sup>2</sup>MANEIRO et al., 2002; <sup>3</sup>NÉZAN E CHOMÉRAT, 2009; <sup>4</sup>PARK E KIM, 2010; <sup>5</sup>RODRÍGUEZ et al., 2014; <sup>6</sup>PARK et al., 2015; <sup>7</sup>LEE E PARK, 2017; <sup>8</sup>JACOBSON E ANDERSON, 1996; PARK et al., 2006; KIM et al., 2006; <sup>10</sup>JEONG et al., 2010; <sup>11</sup>ESCALERA et al., 2007.

#### 6.5 Ingestão de células de *Dinophysis* e acúmulo de toxinas por organismos planctônicos

Células do complexo *D. acuminata* foram observadas no interior de outros organismos planctônicos, entre eles os dinoflagelados *N. scintillans* e *Gyrodinium* sp. Além disso, foram encontradas relações estatísticas inversas entre as densidades de *N. scintillans* e *Dinophysis*. Em conjunto, estes resultados sugerem que a ação de herbivoria por *Noctiluca* sobre as células do complexo *D. acuminata* foi significativa durante a floração.

Apesar das relações entre *Gyrodinium* sp. e *Dinophysis* não terem sido estatisticamente significativas, neste estudo foram encontradas até 200 cél.L<sup>-1</sup> de *Gyrodinium* com células de *Dinophysis* em seu interior. Esta é uma relação trófica que nunca havia sido antes registrada e que possivelmente vinha sendo negligenciada durante florações de *Dinophysis* spp. Pouco trabalhos reportam a ingestão de *Dinophysis* por outros dinoflagelados, e estes se resumem a *N. scintillans* (ingestão de *D. caudata* e *D. acuta*; ESCALERA et al., 2007) e *Alexandrium ostenfeldii* (ingestão de *Dinophysis* sp.; JACOBSON E ANDERSON, 1996). Além disso, células de *D. acuminata* foram reportadas no interior de *Fragilidium* cf. *duplocampanaeforme* em amostras naturais (NÉZAN E CHOMÉRAT, 2009) e em posteriores experimentos em laboratório (PARK E KIM, 2010; RODRÍGUEZ et al., 2014; PARK et al., 2015; LEE E PARK, 2017).

Durante este trabalho, a ingestão de *Dinophysis* por ciliados também foi reportada, bem como uma correlação direta e estatisticamente significativa entre as densidades destes organismos. Além disso, embora não tenha sido observadas células de *Dinophysis* no interior de ciliados tintinídeos, relações inversas relativamente altas foram encontradas entre suas densidades. Os ciliados são importantes elos tróficos, pois são consumidores de diversos grupos planctônicos, como dinoflagelados e protistas heterotróficos, e são consumidos diretamente por zooplâncton, principalmente por copépodes (PIERCE E TURNER, 1992). Durante uma floração de *Dinophysis* na Galícia, as densidades do tintinídeo *Favella serrata* aumentaram consideravelmente (MANEIRO et al., 2000). Além dos registros da ingestão de *Dinophysis*, também foram encontradas correlações positivas com as concentrações de ácido ocadáico nos tintinídeos, indicando que estes podem transferir as toxinas para níveis tróficos

superiores na cadeia alimentar (MANEIRO et al., 2000), como parece ter sido o caso também durante a floração do complexo *D. acuminata* no Paraná.

Foi observada uma ingestão considerável das células de *Dinophysis* por dinoflagelados heterotróficos e ciliados. O impacto da herbivoria destes organismos pode causar uma alta taxa de mortalidade (>50%) de microalgas nocivas, ou até mesmo a finalização de uma floração de dinoflagelados (TURNER, 2007 e referências). As relações de presa-predador entre os dinoflagelados tornam as teias tróficas mais complexas, no entanto, a compreensão destas relações pode ajudar a entender qual é o papel destas espécies mixotróficas (e.g. *Dinophysis*) e heterotróficas nos ecossistemas marinhos, e também auxiliar no estabelecimento de modelos ecológicos mais efetivos (JEONG et al., 2010). Além da relação com ciliados, foi reportada uma célula de *Dinophysis* aderida a um *Protoberidinium* sp. no presente estudo, possivelmente indicando o início do processo de fagocitose. Ao longo deste trabalho também foram encontrados aglomerados de células de *Dinophysis* envolvidos por estruturas tipo “pallium”, que é o mecanismo de alimentação das espécies de *Protoberidinium* (JACOBSON E ANDERSON, 1986), sugerindo que estes dinoflagelados também possam ter ingerido células do complexo *D. acuminata* no presente estudo.

Células de *Dinophysis* foram encontradas em pelotas fecais, evidenciando sua ingestão por organismos zooplantônicos. No entanto, não foi possível identificar qual espécie estava ingerindo *Dinophysis*, já que não foram encontradas células no interior destes organismos, somente em pelotas que já haviam sido excretadas no ambiente. A ingestão de *Dinophysis* por organismos zooplantônicos é espécie-específica e algumas espécies, como é o caso do copépode *Temora longicornis*, não conseguem digerir as células, que ficam intactas nas pelotas fecais (MANEIRO et al., 2000). Estas pelotas fecais podem contribuir para a manutenção das proliferações das florações de algas nocivas, caso as células continuem viáveis. Além disso, podem servir como vetores na transferência de toxinas ao longo da teia trófica, por meio da ingestão de pelotas por organismos coprófagos na coluna d'água, e/ou mediante sedimentação e ingestão por organismos bentônicos detritívoros e suspensívoros (MANEIRO et al., 2002). O registro de *N. scintillans* contendo pelotas fecais no seu interior, ilustra esta possível rota de transferência de toxinas através da ingestão de pelotas fecais contendo células tóxicas.

As concentrações de toxinas encontradas nas partículas maiores 300 µm foram maiores no dia 24 de junho (154 ng.g<sup>-1</sup>). Neste dia a amostra de zooplâncton foi dominada por *N. scintillans*, sugerindo que grande parte da toxina contida nesta fração de tamanho possa estar associada às células de *Dinophysis* ingeridas por *N. scintillans*. Além das toxinas detectadas nas partículas maiores que 300 µm no presente estudo, concentrações médias e elevadas foram

detectadas em bivalves, peixes suspensívoros e carnívoros, crustáceos, equinodermos, gastrópodes, botos e pinguins na costa do Paraná (MAFRA et al., 2019), e em bivalves, cracas, anfípodes, gastrópodes, caranguejos, camarões, poliquetas e peixes na costa de Santa Catarina (ALVES E MAFRA, 2018). Em conjunto, os resultados deste e dos estudos anteriores realizados durante o mesmo evento indicam que a transferência de toxinas diarreicas para os níveis tróficos superiores, incluindo humanos consumidores de pescados, é um processo bastante complexo. As possíveis vias que a toxina segue no ambiente pelágico e bêntico estão provavelmente associadas às relações na base da cadeia trófica, entre diversos organismos mixotróficos e heterotróficos componentes do plâncton.

## 7. Conclusão

- A análise das imagens de satélite da TSM e as baixas salinidades detectadas neste trabalho indicaram que a floração do complexo *D. acuminata* foi transportada pela Pluma do Prata para o litoral do Paraná em junho de 2016;
- Os principais fatores que influenciaram na distribuição espacial e as elevadas densidades de *Dinophysis* no estado do Paraná foram as menores velocidades do vento, favorecendo a estratificação da coluna d'água, e as baixas salinidades. As relações estatísticas entre as concentrações de silicato e nitrato e as densidades de *Dinophysis* foram associadas com presença da Pluma do Prata. No entanto, o real papel da influência dos nutrientes para o crescimento de *Dinophysis* ainda precisa ser melhor investigado;
- A variação no tamanho celular, a presença de células menores que 30 µm ao longo de todo o estudo, as células com placas dissimilares e o possível cisto reportado no final da floração são fortes evidências de que, quando a floração atingiu o estado do Paraná, o evento já estava atingindo sua fase estacionária. Além disso, as células já deviam estar se reproduzindo sob condições sub-ótimas;
- A Pluma do Prata, responsável pelo transporte da floração do complexo *D. acuminata* sobre a plataforma paranaense, teve grande influência sobre a comunidade planctônica autóctone. Nossos resultados mostraram uma predominância de dinoflagelados mixotróficos e organismos heterotróficos durante a floração, diferente do padrão típico esperado para o período de inverno nesta região;
- Em conjunto, os registros da ingestão de células de *Dinophysis* por dinoflagelados heterotróficos e ciliados, bem como as relações estatísticas entre as densidades destes organismos e a de *Dinophysis*, e a detecção de toxinas em organismos maiores que 300 µm, evidenciam, ao menos parcialmente, o papel dessas espécies na finalização desta floração e/ou na transferência de toxinas para os níveis tróficos superiores.

## 8. Referências

- AJANI, P.; LARSSON, M. E.; RUBIO, A.; et al. Modelling bloom formation of the toxic dinoflagellates *Dinophysis acuminata* and *Dinophysis caudata* in a highly modified estuary, south eastern Australia. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 183, p. 95–106, 2016.
- ALVES, T. P.; MAFRA, L. L. Diel variations in cell abundance and trophic transfer of diarrhetic toxins during a massive *Dinophysis* bloom in Southern Brazil. **Toxins**, v. 10, n. 232, p. 1–19, 2018.
- ALVES, T. P.; SCHRAMM, M. A.; PROENÇA, L. A. O.; PINTO, T. O.; MAFRA, L. L. Interannual variability in *Dinophysis* spp. abundance and toxin accumulation in farmed mussels (*Perna perna*) in a subtropical estuary. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 190, n. 6, 2018.
- ANDERSON, D. M.; CEMBELLA, A.; HALLEGRAEFF, G. Physiological ecology of harmful algal blooms. **Springer**, 1998.
- ANDERSON, D. M.; CEMBELLA, A. D.; HALLEGRAEFF, G. M. Progress in Understanding Harmful Algal Blooms: Paradigm Shifts and New Technologies for Research, Monitoring, and Management. **Annual Review of Marine Science**, v. 4, n. 1, p. 143–176, 2012.
- ANDRIGUETTO-FILHO, J. M.; KRUL, R.; FEITOSA, S. Analysis of natural and social dynamics of fishery production systems in Paraná, Brazil: Implications for management and sustainability. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 25, n. 3, p. 277–286, 2009.
- ANGULO, R. J.; LESSA, G. C. & DE SOUZA, M. C., The Holocene Barrier Systems of Paranaguá and Northern Santa Catarina Coasts, Southern Brazil, In: S. R. Dillenburg, P. A. Hesp (Eds.), *Geology and Geomorphology of Holocene Coastal Barriers of Brazil*, **Springer**, p.135-176, 2009.
- APHA - American Public Health Association/ AWWA - American Water Works Association/ WEF – Water Environmental Federation, *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 20th ed, Washington, D,C,: American Public Health Association, 1999.
- BAKKA, H., VANHATALO, J., ILLIAN, J. B., SIMPSON, D., RUE, H. Non-stationary Gaussian models with physical barriers. **Spatial Statistics**, v. 29, p. 268–288, 2019.
- BARDOUIL, M.; BERLAND, B.; GRZEBYK, D.; LASSUS, P. L’existence de kystes chez les Dinophysales. **Comptes rendus de l’Académie des Sciences**, v. 312, n. 3, p. 663–669, 1991.
- BIGARELLA, J. J., Considerações climatológicas, In: Bigarella, J. J.; Becker R. D.; Matos, D. J.; Werner, A.; Serra do Mar e a porção oriental do estado do Paraná, Curitiba: Governo do Paraná, Secretaria de estado do planejamento; **ADEA**, p. 37-56, 1978.



BORBOR-CORDOVA, M. J.; TORRES, G.; MANTILLA-SALTOS, G.; et al. Oceanography of Harmful Algal Blooms on the Ecuadorian Coast (1997–2017): Integrating Remote Sensing and Biological Data. **Frontiers in Marine Science**, v. 6, n. February, 2019.

BRAGA, E. S.; CHIOZZINI, V. C.; BERBEL, G. B. B.; et al. Nutrient distributions over the Southwestern South Atlantic continental shelf from Mar del Plata (Argentina) to Itajaí (Brazil): Winter-summer aspects. **Continental Shelf Research**, v. 28, n. 13, p. 1649–1661, 2008.

BRAGA, E. S.; NIENCHESKI, L. F. H. Composição das Massas de água e seus potenciais produtivos na área entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). In: O ambiente Oceanográfico da Plataforma Continental e do Talude na Região Sudeste-Sul do Brasil, São Paulo, Brasil: **Editora da Universidade de São Paulo**, p. 161-219, 2006.

BRANDINI, F. P. Hydrography and characteristics of the phytoplankton in shelf and oceanic waters off southeastern Brazil during winter (July/August 1982) and summer (February/March 1984). **Hydrobiologia**, v. 196, n. 2, p. 111–148, 1990.

BRANDINI, F. P.; FERNANDES, L. F. Microalgae of the continental shelf off Paraná State, southeastern Brazil: a review of studies. **Revista Brasileira de Oceanografia**, v. 44, n. 1, p. 69–80, 1996.

BRANDINI, F. P.; BOLTOVSKOY, D.; PIOLA, A.; et al. Multiannual trends in fronts and distribution of nutrients and chlorophyll in the southwestern Atlantic (30°S–35°S). **Deep-Sea Research I**, v. 47, p. 1015–1033, 2000.

BRANDINI, F. P.; SCHEFFER DA SILVA, A.; TEIXEIRA DA SILVA, E.; KOLM, H. Sources of Nutrients and Seasonal Dynamics of Chlorophyll in the Inner Shelf off Paraná State—South Brazil Bight. **Journal of Coastal Research**, v. 23, n. 5, p. 1131, 2007.

BRANDINI, F.; NOGUEIRA, M.; SIMIÃO, M.; CARLOS UGAZ CODINA, J.; ALMEIDA NOERNBERG, M. Deep chlorophyll maximum and plankton community response to oceanic bottom intrusions on the continental shelf in the South Brazilian Bight. **Continental Shelf Research**, v. 89, p. 61–75, 2014.

BRANDINI, F. P.; TURA, P. M.; SANTOS, P. P. G. M. Ecosystem responses to biogeochemical fronts in the South Brazil Bight. **Progress in Oceanography**, v. 164, p. 52–62, 2018.

BRASIL, 2012. Instrução Normativa interministerial 7 de 8 de maio de 2012. Brasília, Brasil.

BROSNAHAN, M. L.; RALSTON, D. K.; FISCHER, A. D.; SOLOW, A. R.; ANDERSON, D. M. Bloom termination of the toxic dinoflagellate *Alexandrium catenella*: Vertical migration

behavior, sediment infiltration, and benthic cyst yield. **Limnology and Oceanography**, v. 62, n. 6, p. 2829–2849, 2017.

CAMPBELL, L.; OLSON, R. J.; SOSIK, H. M.; et al. First harmful *Dinophysis* (dinophyceae, dinophysiales) bloom in the U.S. is revealed by automated imaging flow cytometry. **Journal of Phycology**, v. 46, n. 1, p. 66–75, 2010.

CAMPOS, E. J. D.; GONÇALVES, J. E.; IKEDA, Y. Water mass characteristics and geostrophic circulation in the South Brazil Bight: Summer of 1991. **Journal of Geophysical Research**, v. 100, n. C9, p. 18537, 1995.

CASTRO, B. M., Wind driven currents in the channel of São Sebastião: Winter, **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 38, n. 2, p. 111-132, 1990.

CASTRO, B. M.; LORENZZETTI, J. A.; SILVEIRA, I. C. A.; et al, Estrutura Termohalina e Circulação na Região entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS), In: O ambiente Oceanográfico da Plataforma Continental e do Talude na Região Sudeste-Sul do Brasil, São Paulo, Brasil: **Editora da Universidade de São Paulo**, p. 11-120, 2006.

CETESB (São Paulo). Relatório de qualidade das águas costeiras no estado de São Paulo. 2017. Disponível em: < <http://cetesb.sp.gov.br/aguas-costeiras/publicacoes-e-relatorios/>. Acesso em: 31 agosto 2019.

DÍAZ, P. A.; REGUERA, B.; RUIZ-VILLARREAL, M.; et al. Climate variability and oceanographic settings associated with interannual variability in the initiation of *Dinophysis acuminata* blooms. **Marine Drugs**, v. 11, n. 8, p. 2964–2981, 2013.

DÍAZ, P. A.; REGUERA, B.; MOITA, T.; et al. Mesoscale dynamics and niche segregation of two *Dinophysis* species in Galician-Portuguese coastal waters. **Toxins**, v. 11, p. 1–21, 2019.

DOMINGUEZ, H. J.; PAZ, B.; DARANAS, A. H.; et al. Dinoflagellate polyether within the yessotoxin, pectenotoxin and okadaic acid toxin groups: characterization, analysis and human health implications. **Toxicon**, v. 56, n. 2, p. 191–217, 2010.

EDVARDESEN, B.; DITTAMI, S. M.; GROBEN, R.; et al. Molecular probes and microarrays for the detection of toxic algae in the genera *Dinophysis* and *Phalacroma* (Dinophyta). **Environmental Science and Pollution Research**, v. 20, n. 10, p. 6733–6750, 2013.

EDLER, L.; ELBRÄCHTER, M., The Utermöhl method for quantitative phytoplankton analysis, In: KARLSON, B.; CUSACK, C.; BRESNAN, E. (Eds), **Microscopic and molecular methods for quantitative phytoplankton analysis**, Paris: Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, p. 13-20, 2010.

EU-RL-MB (EUROPEAN UNION REFERENCE LABORATORY FOR MARINE BIOTOXIN), EU-Harmonised Standard Operation Procedure for Determination of Lipophilic Marine Biotoxins in Molluscs by LC-MS/MS, 2011.

EMÍLSSON, I. The shelf and coastal waters off southern Brazil. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 11, n. 2, p. 101–112, 1960.

ESCALERA, L.; PAZOS, Y.; MOROÑO, A.; REGUERA, B. *Noctiluca scintillans* may act as a vector of toxigenic microalgae. **Harmful Algae**, v. 6, n. 3, p. 317–320, 2007.

ESCALERA, L.; REGUERA, B. Planozygote division and other observations on the sexual cycle of several species of *Dinophysis* (Dinophyceae, Dinophysiales). **Journal of Phycology**, v. 44, n. 6, p. 1425–1436, 2008.

ESCARAVAGE, V.; PRINS, T. C. Silicate availability, vertical mixing and grazing control of phytoplankton blooms in mesocosms. **Hydrobiologia**, v. 484, p. 33–48, 2002.

FERNANDES, L. F. Variação sazonal do fitoplâncton parâmetros hidrográficos em uma estação costeira de Paranaguá–Paraná. Dissertação de Mestrado, p. 93, 1992.

FERNANDES, L. F.; BRANDINI, F. P. Diatom associations in shelf waters off Paraná state. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 52, n. 1, p. 19–34, 2004.

FERNANDES, L. F.; CAVALCANTE, K. P.; LUIS, L. A.; SCHRAMM, M. A. Blooms of *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* and *P. Calliantha*, and associated domoic acid accumulation in shellfish from the South Brazilian coast. **Diatom Research**, v. 28, n. 4, p. 381–393, 2013.

FLYNN, K. J.; MITRA, A.; GLIBERT, P. M.; BURKHOLDER, J. M. Mixotrophy in harmful algal blooms: by whom, on whom, when, why and what next. In: GLIBERT, P. M.; BERDALET, E.; BURFORD, M. A. et al. (Eds), **Global ecology and oceanography of harmful algal blooms**, Ecological Studies 232, p. 113–133, 2018.

GLIBERT, P. M.; ANDERSON, D. M.; GENTIEN, P.; GRANÉLI, E.; SELLNER, K. G. The Global, complex phenomena of harmful algal blooms. **Oceanography**, v. 18, n. 2, p. 136–147, 2005.

GLIBERT, P. M.; WILKERSON, F. P.; DUGDALE, R. C.; et al. Phytoplankton communities from San Francisco Bay Delta respond differently to oxidized and reduced nitrogen substrates—even under conditions that would otherwise suggest nitrogen sufficiency. **Frontiers in Marine Science**, v. 1, p. 1–16, 2014.

GLIBERT, P. M.; WILKERSON, F. P.; DUGDALE, R. C.; et al. Pluses and minuses of ammonium and nitrate uptake and assimilation by phytoplankton and implications for productivity and community composition, with emphasis on nitrogen-enriched conditions. **Limnology and Oceanography**, v. 61, n. 1, p. 165–197, 2016.



GLIBERT, P. M.; BURKHOLDER, J. M. Causes of Harmful Algal Blooms. In: S. Shumway; J. M. Burkholder; S. L. Morton (Orgs.); **Harmful Algal Blooms: A Compendium Desk Reference**. p.1–38, 2018. John Wiley & Sons Ltd.

GONÇALVES-ARAÚJO, R.; DE SOUZA, M. S.; MENDES, C. R. B.; et al. Brazil-Malvinas confluence: Effects of environmental variability on phytoplankton community structure. **Journal of Plankton Research**, v. 34, n. 5, p. 399–415, 2012.

GONÇALVES LELES, S.; POLIMENE, L.; BRUGGEMAN, J.; et al. Modelling mixotrophic functional diversity and implications for ecosystem function. **Journal of Plankton Research**, v. 40, n. 6, p. 627–642, 2018.

GONZÁLEZ-GIL, S.; VELO-SUÁREZ, L.; GENTIEN, P.; RAMILO, I.; REGUERA, B. Phytoplankton assemblages and characterization of a *Dinophysis acuminata* population during an upwelling-downwelling cycle. **Aquatic Microbial Ecology**, v. 58, n. 3, p. 273–286, 2010.

HALLEGRAEFF, G. M.; ANDERSON, D. M.; CEMBELLA, A. D. **Manual on Harmful Marine Microalgae**. UNESCO, 2003.

HANSEN, H.P.; KOROLEFF, F., Determination of nutrients, In: Methods of seawater analysis, 3rd edition, p. 159-229, 1999.

HATTENRATH-LEHMANN, T. K.; MARCOVAL, M. A.; MITTLESDORF, H.; et al. Nitrogenous nutrients promote the growth and toxicity of *Dinophysis acuminata* during estuarine bloom events. **PLoS ONE**, v. 10, n. 4, 2015.

HATTENRATH-LEHMANN, T.; GOBLER, C. J. The contribution of inorganic and organic nutrients to the growth of a North American isolate of the mixotrophic dinoflagellate, *Dinophysis acuminata*. **Limnology and Oceanography**, v. 60, n. 5, p. 1588–1603, 2015.

IFSC–Instituto Federal do Paraná. Laboratório do IFSC identifica ficotoxinas no litoral catarinense. 2016. Disponível em: < <https://linkdigital.ifsc.edu.br/2016/05/27/laboratorio-do-ifsc-identifica-ficotoxinas-no-litoral-catarinense/>. Acesso em: 30 agosto 2019.

ISLABÃO, C. A.; ODEBRECHT, C. Dinoflagelados (Peridinales, Prorocentrales) do microplâncton na plataforma continental e talude do extremo sul do Brasil (inverno 2005, verão 2007). **Biota Neotropica**, v. 11, n. 3, p. 153–166, 2011.

ISLABÃO, C. A.; MENDES, C. R. B.; DETONI, A. M. S.; ODEBRECHT, C. Phytoplankton community structure in relation to hydrographic features along a coast-to-offshore transect on the SW Atlantic Continental Shelf. **Continental Shelf Research**, v. 151, n. November, p. 30–39, 2017.

JACOBSON, D. M.; ANDERSON, D. M. Thecate Heterophic Dinoflagellates: feeding behavior and mechanisms. **Journal of Phycology**, v. 22, n. 3, p. 249–258, 1986.

JACOBSON, D. M.; ANDERSON, D. M. Widespread phagocytosis of ciliates and other protists by marine mixotrophic and heterotrophic thecate dinoflagellates. **Journal of Phycology**, v. 32, n. 2, p. 279–285, 1996.

JEONG, H. J.; DU YOO, Y.; KIM, J. S.; et al. Growth, feeding and ecological roles of the mixotrophic and heterotrophic dinoflagellates in marine planktonic food webs. **Ocean Science Journal**, v. 45, n. 2, p. 65–91, 2010.

KIM, S.; KANG, Y. G.; KIM, H. S.; et al. Growth and grazing responses of the mixotrophic dinoflagellate *Dinophysis acuminata* as functions of light intensity and prey concentration. **Aquatic Microbial Ecology**, v. 51, n. 3, p. 301–310, 2008.

KIM, M.; NAM, S. W.; SHIN, W.; COATS, D. W.; PARK, M. G. *Dinophysis caudata* (Dinophyceae) sequesters and retains plastids from the mixotrophic ciliate prey *Mesodinium rubrum*. **Journal of Phycology**, v. 48, n. 3, p. 569–579, 2012.

LANA, P. C.; MARONE, E.; LOPES, R. M.; MACHADO, E. C. The subtropical estuarine complex of Paranaguá Bay, Brazil. In: **Coastal Marine Ecosystems of Latin America**. Basel: Springer Verlag, p. 131-145, 2001.

LARSEN, J.; MOESTRUP, Ø. ICES Identification Leaflets for Plankton Potentially toxic phytoplankton Genus *Dinophysis* (Dinophyceae). n. 180, 1992.

LASSUS, P.; CHOMÉRAT, N.; HESS, P.; NÉZAN, E., Toxic and Harmful Microalgae of the World Ocean, **IOC of UNESCO**, 2016.

LEE, B.; PARK, M. G. Different life cycle strategies of the dinoflagellates *Fragilidium duplocampanaeforme* and its prey *Dinophysis acuminata* may explain their different susceptibilities to the infection by the parasite *Parvilucifera infectans*. **Harmful Algae**, v. 65, p. 1–8, 2017

LINDGREN, F., RUE, H., LINDSTRÖM, J. An explicit link between Gaussian fields and Gaussian Markov random fields: the stochastic partial differential equation approach. **Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Statistical Methodology)**, v. 73(4), p. 423–498, 2011.

LUZ, L. F. G. Sensoriamento remoto de uma floração massiva de dinoflagelado tóxico no sul do Brasil. **Dissertação de mestrado**, p. 53, 2018.

MAFRA, L. L.; FERNANDES, L. F.; PROENÇA, L. A. O. Harmful algae and toxins in Paranaguá Bay, Brazil: bases for monitoring. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 54, p. 107–121, 2006.

MAFRA, L. L.; TAVARES, C. P. D. S.; SCHRAMM, M. A. Diarrheic toxins in field-sampled and cultivated *Dinophysis* spp. cells from southern Brazil. **Journal of Applied Phycology**, v. 26, n. 4, p. 1727–1739, 2014.

MAFRA, L. L.; RIBAS, T.; ALVES, T. P.; et al. Differential okadaic acid accumulation and detoxification by oysters and mussels during natural and simulated *Dinophysis* blooms. **Fisheries Science**, v. 81, n. 4, p. 749–762, 2015.

MAFRA, L. L.; LOPES, D.; BONILAURI, V. C.; UCHIDA, H.; SUZUKI, T. Persistent contamination of octopuses and mussels with lipophilic shellfish toxins during spring *Dinophysis* blooms in a subtropical estuary. **Marine Drugs**, v. 13, n. 6, p. 3920–3935, 2015.

MAFRA, L. L.; NAGAI, S.; UCHIDA, H.; et al. Harmful effects of *Dinophysis* to the ciliate *Mesodinium rubrum*: implications for prey capture. **Harmful Algae**, v. 59, n. November, p. 82–90, 2016a.

MAFRA, L. L.; NOLLI, P. K.; LUZ, L. F.; LEAL, J. G.; et al. Okadaic acid contamination during an exceptionally massive *Dinophysis* cf. *acuminata* bloom in southern Brazil, In: INTERNACIONAL CONFERENCE ON HARMFUL ALGAE, 17, Florianópolis, **Resumo**, p. 102, 2016b.

MAFRA, L.L.JR., LOPES, D., BONILAURI, V.C., UCHIDA, H., SUZUKI, T. Persistent contamination of octopuses and mussels with lipophilic shellfish toxins during spring *Dinophysis* blooms in a subtropical estuary. **Mar. Drugs** 13, 3920–3935, 2015.

MAFRA, L. L.; NOLLI, P. K. W.; MOTA, L. E.; et al. Multi-species okadaic acid contamination and human poisoning during a massive bloom of *Dinophysis acuminata* complex in southern Brazil Multi-species okadaic acid contamination and human poisoning during a massive bloom of *Dinophysis acuminata* complex in s. **Harmful Algae**, v. 89, n. September, p. 101662, 2019.

MANEIRO, I.; FRANGÓPULOS, M.; GUISANDE, C.; et al. Zooplankton as a potential vector of diarrhetic shellfish poisoning toxins through the food web. **Marine Ecology Progress Series**, v. 201, n. Okaichi 1967, p. 155–163, 2000.

MANEIRO, I.; GUISANDE, C.; FRANGÓPULOS, M.; RIVEIRO, I. Importance of copepod faecal pellets to the fate of the DSP toxins produced by *Dinophysis* spp. **Harmful Algae**, v. 1, n. 4, p. 333–341, 2002.



- MARTÍNEZ, A.; MÉNDEZ, SI.; FABRE, A.; ORTEGA, L. Intensificación de floraciones de dinoflagelados marinos en Uruguay. **INNOTECH**, v. 13, n. 13, p. 19–25, 2017.
- MENDONÇA, J. T.; LUCENA, A. C. M.; MUEHLMANN, L. D.; MEDEIROS, R. P. Socioeconomia da pesca no litoral do estado do Paraná (Brasil) no período de 2005 a 2015. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 41, p. 140–157, 2017.
- MÉNDEZ, S. M.; CARRETO, J. I. Harmful algal blooms in the Río de La Plata region. In: *Plankton ecology of the Southwestern Atlantic*. **Spring**, p. 477–495, 2018.
- MÖLLER, O. O.; PIOLA, A. R.; FREITAS, A. C.; CAMPOS, E. J. D. The effects of river discharge and seasonal winds on the shelf off southeastern South America. **Continental Shelf Research**, v. 28, n. 13, p. 1607–1624, 2008.
- NÉZAN, E.; CHOMÉRAT, N. *Fragilidium duplocampanaeforme* sp. nov. (Dinophyceae): A new phagotrophic dinoflagellate from the French Atlantic coast. **European Journal of Protistology**, v. 45, n. 1, p. 2–12, 2009.
- OMORI, M.; IKEDA, T. **Methods in marine zooplankton ecology**. 2nd Ed. Malabar: Krieger Press, p. 332, 1992.
- PARK, M. G.; KIM, S.; HYUNG, S. K.; et al. First successful culture of the marine dinoflagellate *Dinophysis acuminata*. **Aquatic Microbial Ecology**, v. 45, n. 2, p. 101–106, 2006.
- PARK, M. G.; KIM, M. Prey specificity and feeding of the thecate mixotrophic dinoflagellate *Fragilidium duplocampanaeforme*. **Journal of Phycology**, v. 46, n. 3, p. 424–432, 2010.
- PEPERZAK, L.; SNOEIJER, G. J.; DIJKEMA, R.; et al. Development of a *Dinophysis acuminata* bloom in the River Rhine plume (North Sea). **Harmful and Toxic Algal Blooms**, p. 273–276, 1996.
- PEREIRA, M. D.; SCHETTINI, C. A. F.; OMACHI, C. Y. Caracterização de feições oceanográficas na plataforma de Santa Catarina através de imagens orbitais. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 27, n. 1, p. 81–93, 2009.
- PIERCE, R. W.; TURNER, J. T. Ecology of Planktonic Ciliates in Marine Food Webs. **Reviews in Aquatic Sciences**, v. 6, n. 2, p. 139–181, 1992.
- PIOLA, A. R.; CAMPOS, E. J. D.; MÖLLER, O. O.; CHARO, M.; MARTINEZ, C. Subtropical Shelf Front off eastern South America. **Journal of Geophysical Research: Oceans**, v. 105, n. C3, p. 6565–6578, 2000.

PIOLA, A. R.; MATANO, R. P.; PALMA, E. D.; MÖLLER, O. O.; CAMPOS, E. J. D. The influence of the Plata River discharge on the western South Atlantic shelf. **Geophysical Research Letters**, v. 32, n. 1, p. 1–4, 2005.

PITCHER, G. C.; KROCK, B.; CEMBELLA, A. D. Accumulation of diarrhetic shellfish poisoning toxins in the oyster *Crassostrea gigas* and the mussel *Choromytilus meridionalis* in the southern Benguela ecosystem. **African Journal of Marine Science**, v. 33, n. 2, p. 273–281, 2011.

PROENÇA, L.A. DE O.; SCHRAMM, M.A.; TAMANAHA, M.S.; ALVES, T.P., Diarrhetic Shellfish Poisoning (DSP) outbreak in Subtropical Southwest Atlantic. **Harmful Algae News**, n. 33, p. 19–20, 2007.

PROENÇA, L.A. DE O.; SCHRAMM, M.A. Limites seguros para Ficotoxinas em moluscos bivalves conhecendo a doença para elaborar estratégias de controle. **Panorama da Aquicultura**, 2013. Disponível em: < <https://panoramadaaquicultura.com.br/limites-seguros-para-ficotoxinas-em-moluscos-bivalves-conhecendo-a-doenca-para-elaborar-estrategias-de-controle-3/> >. Acesso em: 31 agosto 2019.

PROENÇA, L.A.; SCHRAMM, M.A.; ALVES, T.P.; PIOLA, A.R. The extraordinary 2016 autumn DSP outbreak in Santa Catarina Southern Brazil explained by large-scale oceanographic processes. In: Proença, L. A. O. and Hallegraeff, G. (Eds). *Marine and Fresh-Water Harmful Algae. Proceedings of the 17th International Conference on Harmful Algae*. International Society for the Study of Harmful Algae, p.42-44, 2017.

RAHO, N.; PIZARRO, G.; ESCALERA, L.; REGUERA, B.; MARÍN, I. Morphology, toxin composition and molecular analysis of *Dinophysis ovum* Schütt, a dinoflagellate of the “*Dinophysis acuminata* complex”. **Harmful Algae**, v. 7, n. 6, p. 839–848, 2008.

RAINE, R.; MCDERMOTT, G.; SILKE, J.; et al. A simple short range model for the prediction of harmful algal events in the bays of southwestern Ireland. **Journal of Marine Systems**, v. 83, n. 3–4, p. 150–157, 2010.

REGUERA, B.; BRAVO, I.; FRAGA, S. Autoecology and some life history stages of *Dinophysis acuta* Ehrenberg. **Journal of Plankton Research**, v. 15, n. 5, p. 999–1015, 1995.

REGUERA, B.; GONZÁLEZ-GIL, S. Small cell and intermediate cell formation in species of *Dinophysis* (Dinophyceae, Dinophysiales). **Journal of Phycology**, v. 37, n. 2, p. 318–333, 2001.

REGUERA, B. Biología, autoecología y toxinología de las principales especies del género *Dinophysis* asociadas a episodios de intoxicación diarreogénica por bivalvos (DSP). **Tese de doutorado**, p. 311, 2003.

REGUERA, B.; VELO-SUÁREZ, L.; RAINE, R.; PARK, M. G. Harmful *Dinophysis* species: A review. **Harmful Algae**, v. 14, p. 87–106, 2012.

REGUERA, B.; RIOBÓ, P.; RODRÍGUEZ, F.; et al. Dinophysis toxins: Causative organisms, distribution and fate in shellfish. **Marine Drugs**, v. 12, n. 1, p. 394–461, 2014.

RODRÍGUEZ, F.; RIOBÓ, P.; RIAL, P.; REGUERA, B.; FRANCO, J. M. Feeding of *Fragilidium* cf. *duplocampanaeforme* and *F. subglobosum* on four *Dinophysis* species: Prey specificity, local adaptation and fate of toxins. **Aquatic Microbial Ecology**, v. 72, n. 3, p. 241–253, 2014.

RUE, H.; MARTINO, S.; CHOPIN, N. Approximate Bayesian inference for latent Gaussian models by using integrated nested Laplace approximations. **Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Statistical Methodology)**, v. 71(2), p. 319–392, 2009.

RUIZ-VILLARREAL, M.; GARCÍA-GARCÍA, L. M.; COBAS, M.; DÍAZ, P. A.; REGUERA, B. Modelling the hydrodynamic conditions associated with *Dinophysis* blooms in Galicia (NW Spain). **Harmful Algae**, v. 53, p. 40–52, 2016.

SANTOS, A. A. DOS; COSTA, S. W. DA. Síntese Informativa da Maricultura 2017. **Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina**, p. 1–7, 2018. Disponível em: [http://www.epagri.sc.gov.br/?page\\_id=676](http://www.epagri.sc.gov.br/?page_id=676).

SIEBURTH, J. M.; SMETACEK, V.; JURGEN, L. Pelagic ecosystem structure: Heterotrophic compartments of the plankton and their relationship to plankton size fractions. **Limnology and Oceanography**, v. 23, n. 6, p. 1256–1263, 1978.

SILVEIRA, I. C. A.; SCHIMIDT, A. C. K.; CAMPOS, E. J. D.; GODOI, S. S. DE; IKEDA, Y. A Corrente do Brasil ao Largo da Costa Leste Brasileira. **Revista Brasileira de Oceanografia**, v. 48, n. 2, p. 171–183, 2000.

SINGH, A.; HÅRDING, K.; REDDY, H. R. V.; GODHE, A. An assessment of *Dinophysis* blooms in the coastal Arabian sea. **Harmful Algae**, v. 34, p. 29–35, 2014.

SOUZA, L. H. P.; GARCIA, C. A. E.; CECHET, R. Anomalias da concentração de clorofila estimadas pelo sensor MODIS/Aqua no oceano Atlântico Sudoeste no período 2002-2016. **Anais do XVIII Simpósio Brasileiro Sensoriamento Remoto**, p. 4739–4746, 2017.

TIBIRIÇÁ, C. E. J. DE A.; FERNANDES, L. F.; MAFRA, L. L. Seasonal and spatial patterns of toxigenic species of dinophysis and pseudo-nitzschia in a subtropical brazilian estuary. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 63, n. 1, p. 17–32, 2015.



TONG, M.; SMITH, J. L.; KULIS, D. M.; ANDERSON, D. M. Role of dissolved nitrate and phosphate in isolates of *Mesodinium rubrum* and toxin-producing *Dinophysis acuminata*. **Aquatic Microbial Ecology**, v. 75, n. 2, p. 169–185, 2015.

TURNER, J.T. Harmful algae interactions with marine planktonic grazers. In: Ecology of Harmful Algae. **Springer**, p. 259–271

ÜTERMOHL, I., Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik, Mitt, Int, Ver, **Theor, Angew, Limnol**, v. 9, p. 1-38, 1958.

VALDIGLESIAS, V.; PREGO-FARALDO, M. V.; PAÍSARO, E.; MENDEZ, J.; LAFFON, B. Okadaic Acid: More than a diarrhetic toxin. **Marine Drugs**, v. 11, n. 11, p. 4328–4349, 2013.

VAN DOLAH, F. M. Marine algal toxins: origins, health effects, and their increased occurrence. **Environmental Health Perspectives**, v. 108, p. 133–41, 2000.

VELO-SUÁREZ, L.; GONZÁLEZ-GIL, S.; PAZOS, Y.; REGUERA, B. The growth season of *Dinophysis acuminata* in an upwelling system embayment: A conceptual model based on in situ measurements. **Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, v. 101, p. 141–151, 2014.

XU, J.; YIN, K.; LEE, J. H. W.; et al. Long-term and seasonal changes in nutrients, phytoplankton biomass, and dissolved oxygen in deep bay, Hong Kong. **Estuaries and Coasts**, v. 33, n. 2, p. 399–416, 2010.

YASUMOTO, T.; OSHIMA, Y.; SUGAWARA, W.; et al. Identification of *Dinophysis fortii* as the causative organism of diarrhetic shellfish poisoning. **Nippon Suisan Gakkaishi**, v. 46, n. 11, p. 1405–1411, 1980.

YASUMOTO, T. Recent Progress in the Chemistry of Dinoflagellate Toxins. In: Anderson, D.M., White, A.W., Baden, D.G. (Eds.), Toxic Dinoflagellates. **Elsevier**, New York, pp. 259–270, 1985.

YOSHIYAMA, K.; SHARP, J. H. Phytoplankton response to nutrient enrichment in an urbanized estuary: Apparent inhibition of primary production by overeutrophication. **Limnology and Oceanography**, v. 51, n. 1 II, p. 424–434, 2006.

ZAPATA, M.; RODRIGUEZ, F.; GARRIDO, J. L. Separation of chlorophylls and carotenoids from marine phytoplankton: a new HPLC method using a reversed phase C-8 column and pyridine-containing mobile phases, **Marine Ecology-Progress Series**, v. 195, p. 29-45, 2000.

## 9. Anexos

9.1 Coordenadas geográficas dos pontos de coleta para fitoplâncton na Baía de Guaratuba (BG), Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP) e Águas neríticas (AN) realizadas entre junho e agosto de 2016

<b>Baía de Guaratuba</b>			
<b>Código</b>	<b>Data</b>	<b>Long</b>	<b>Lat</b>
BG1	15/06/2016	-48,5704	-25,85453
BG2	15/06/2016	-48,55572	-25,85273
BG3	21/06/2016	-48,53577	-25,83578
BG4	21/06/2016	-48,52962	-25,81772
BG5	21/06/2016	-48,53188	-25,81351
BG6	23/06/2016	-48,59811	-25,97522
BG7	23/06/2016	-48,5694	-25,90688
BG8	23/06/2016	-48,53577	-25,83578
BG9	23/06/2016	-48,53072	-25,80937
BG10	24/06/2016	-48,56781	-25,88261
BG11	25/06/2016	-48,5694	-25,90688
BG12	25/06/2016	-48,57741	-25,92287
BG13	25/06/2016	-48,53072	-25,80937
BG14	27/06/2016	-48,5694	-25,90688
BG15	27/06/2016	-48,57741	-25,92287
BG16	28/06/2016	-48,5694	-25,90688
BG17	28/06/2016	-48,56808	-25,88351
BG18	29/06/2016	-48,53072	-25,80937
BG19	29/06/2016	-48,57741	-25,92287
BG20	29/06/2016	-48,5694	-25,90688
BG21	04/07/2016	-48,53072	-25,80937
BG22	06/07/2016	-48,57005	-25,86534
BG23	11/07/2016	-48,53072	-25,80937
BG24	13/07/2016	-48,57005	-25,86534
BG25	10/08/2016	-48,56781	-25,88261
<b>Complexo Estuarino de Paranaguá</b>			
<b>Código</b>	<b>Data</b>	<b>Long</b>	<b>Lat</b>
CEP1	14/06/2016	-48,41533	-25,53917
CEP2	14/06/2016	-48,38045	-25,54646
CEP3	14/06/2016	-48,31595	-25,5709
CEP4	16/06/2016	-48,29997	-25,59925
CEP5	15/06/2016	-48,38778	-25,50253
CEP6	15/06/2016	-48,4538	-25,37609
CEP7	15/06/2016	-48,57973	-25,83108

Continuação

<b>Complexo Estuarino de Paranaguá</b>			
<b>Código</b>	<b>Data</b>	<b>Long</b>	<b>Lat</b>
CEP8	16/06/2016	-48,5087	-25,49333
CEP9	20/06/2016	-48,35466	-25,56404
CEP10	20/06/2016	-48,31628	-25,56806
CEP11	20/06/2016	-48,30614	-25,54247
CEP12	20/06/2016	-48,35639	-25,48889
CEP13	20/06/2016	-48,67068	-25,45717
CEP14	20/06/2016	-48,67239	-25,45526
CEP15	20/06/2016	-48,67532	-25,45399
CEP16	24/06/2016	-48,38318	-25,50487
CEP17	24/06/2016	-48,33822	-25,56507
CEP18	24/06/2016	-48,29967	-25,5995
CEP19	24/06/2016	-48,38778	-25,50253
CEP20	25/06/2016	-48306139	-25542472
CEP21	29/06/2016	-48,35239	-25,52673
CEP22	29/06/2016	-48,35607	-25,4579
CEP23	29/06/2016	-48,28942	-25,33918
CEP24	29/06/2016	-48,26592	-25,47786
CEP25	30/06/2016	-48,38333	-25,50458
CEP26	30/06/2016	-48,30048	-25,51938
CEP27	30/06/2016	-48,27985	-25,53623
CEP28	30/06/2016	-48,23203	-25,56467
CEP29	30/06/2016	-48,2655	-25,50312
CEP30	04/07/2016	-48,35239	-25,52673
CEP31	06/07/2016	-48,38778	-25,50253
CEP32	11/07/2016	-48,38778	-25,50253
<b>Águas neríticas</b>			
<b>Código</b>	<b>Data</b>	<b>Long</b>	<b>Lat</b>

<b>Código</b>	<b>Data</b>	<b>Long</b>	<b>Lat</b>
AN1	16/06/2016	-48,34499	-25,55601
AN2	17/06/2016	-48,34797	-25,57734
AN3	21/06/2016	-48,39953	-25,6104
AN4	21/06/2016	-48,44561	-25,66617
AN5	21/06/2016	-48,4813	-25,72036
AN6	23/06/2016	-48,34797	-25,57734
AN7	23/06/2016	-48,39953	-25,6104
AN8	23/06/2016	-48,44561	-25,66617
AN9	23/06/2016	-48,4813	-25,72036
AN10	24/06/2016	-48,40131	-25,64825
AN11	24/06/2016	-48,40408	-25,64964



Continuação

Águas neríticas			
Código	Data	Long	Lat
AN12	24/06/2016	-48,41097	-25,633333
AN13	24/06/2016	-48,52765	-25,81267
AN14	24/06/2016	-48,50299	-25,80495
AN15	24/06/2016	-48,45633	-25,78597
AN16	24/06/2016	-48,32017	-25,64433
AN17	24/06/2016	-48,47188	-25,4987
AN18	24/06/2016	-48,36848	-25,52877
AN19	25/06/2016	-48,4813	-25,72036
AN20	25/06/2016	-48,44561	-25,66617
AN21	25/06/2016	-48,39953	-25,6104
AN22	25/06/2016	-48,34797	-25,57734
AN23	27/06/2016	-48,5305	-25,81457
AN24	27/06/2016	-48,48986	-25,82867
AN25	27/06/2016	-48,48986	-25,85211
AN26	27/06/2016	-48,42222	-25,69028
AN27	27/06/2016	-48,37861	-25,83139
AN28	29/06/2016	-48,36877	-25,59211
AN29	29/06/2016	-48,4813	-25,72036
AN30	29/06/2016	-48,44561	-25,66617
AN31	29/06/2016	-48,39953	-25,6104
AN32	30/06/2016	-48,42442	-25,67644
AN33	30/06/2016	-48,37369	-25,68417
AN34	30/06/2016	-48,37281	-25,73531
AN35	30/06/2016	-48,59152	-25,97406
AN36	30/06/2016	-48,50467	-25,95056
AN37	30/06/2016	-48,51861	-25,82761
AN38	01/07/2016	-48,36877	-25,59211
AN39	04/07/2016	-48,36877	-25,59211
AN40	04/07/2016	-48,39953	-25,6104
AN41	04/07/2016	-48,44561	-25,66617
AN42	04/07/2016	-48,4813	-25,72036
AN43	04/07/2016	-48,43364	-25,68053
AN44	04/07/2016	-48,42069	-25,75753
AN45	04/07/2016	-48,415000	-25,77167
AN46	11/07/2016	-48,4813	-25,72036
AN47	11/07/2016	-48,39953	-25,6104
AN48	11/07/2016	-48,34797	-25,57734
AN49	11/07/2016	-48,44561	-25,66617

9.2 Valores de salinidade e concentração de nutrientes ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) nos pontos amostrais na Baía de Guaratuba (BG), Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP) e Águas neríticas (AN) entre junho e agosto de 2016

<b>Baía de Guaratuba</b>							
Código	Data	Salinidade	Fosfato	Silicato	Amônio	Nitrito	Nitrato
$(\mu\text{mol.L}^{-1})$							
BG1	15/06/2016	15,1	0,9	405,2	173,7	0,8	19,5
BG2	15/06/2016	19,7	NA	NA	NA	NA	NA
BG3	21/06/2016	25,9	3,42	188,1	NA	1,0	15,1
BG4	21/06/2016	25,9	3,72	239,5	12,1	1,2	16,0
BG5	21/06/2016	26	1,76	142,9	NA	0,8	19,2
BG6	23/06/2016	NA	1,3	92,9	NA	1,5	19,7
BG7	23/06/2016	24,7	1,51	94,3	45,4	1,2	15,1
BG8	23/06/2016	NA	NA	NA	NA	NA	NA
BG9	23/06/2016	22,6	1,51	142,9	9,8	0,7	14,3
BG10	24/06/2016	NA	NA	NA	NA	NA	NA
BG11	25/06/2016	25,2	1,17	64,0	187,1	1,0	22,3
BG12	25/06/2016	25,3	0,61	57,2	360,4	0,5	22,2
BG13	25/06/2016	24,5	2,23	178,6	39,3	0,6	22,8
BG14	27/06/2016	25,9	2,40	226,0	38,7	0,8	24,2
BG15	27/06/2016	26,3	2,02	156,7	23,7	0,6	22,4
BG16	28/06/2016	25,7	1,85	93,7	2,6	1,0	18,7
BG17	28/06/2016	25,8	1,98	139,5	35,9	0,8	18,0
BG18	29/06/2016	24,9	1,38	217,1	57,1	0,8	21,2
BG19	29/06/2016	26	2,02	144,2	136,5	0,8	20,9
BG20	29/06/2016	26,4	1,98	102,0	17,1	2,5	14,8
BG21	04/07/2016	25,5	NA	NA	NA	NA	NA
BG22	06/07/2016	20,1	1,93	4,9	4,8	2,5	9,6
BG23	11/07/2016	26,4	NA	NA	NA	NA	NA
BG24	13/07/2016	22,2	NA	NA	NA	NA	NA
BG25	10/08/2016	NA	0,78	111,9	124,3	1,0	17,5
<b>Complexo Estuarino de Paranaguá</b>							
Código	Data	Salinidade	Fosfato	Silicato	Amônio	Nitrito	Nitrato
$(\mu\text{mol.L}^{-1})$							
CEP1	14/06/2016	NA	48,4	81,6	376,5	1,1	21,3
CEP2	14/06/2016	25,1	1,7	139,9	58,2	1,7	19,9
CEP3	14/06/2016	NA	1,7	129,2	204,3	0,8	17,8
CEP4	16/06/2016	NA	2,2	173,9	118,2	0,4	44,0
CEP5	15/06/2016	NA	3,7	261,4	27,1	5,0	1,1
CEP6	15/06/2016	NA	0,12	85,77	22,06	1,51	0,62
CEP7	15/06/2016	17,7	1,12	129,11	53,72	0,34	5,62
CEP8	16/06/2016	NA	0,66	13,49	119,83	2,60	3,28

Continuação

<b>Complexo Estuarino de Paranaguá</b>							
Código	Data	Salinidade	Fosfato	Silicato	Amônio	Nitrito	Nitrato
(μmol.L <sup>-1</sup> )							
CEP9	20/06/2016	20,6	2,9	113,0	47,6	0,8	19,7
CEP10	20/06/2016	25,6	0,3	121,5	49,8	0,8	25,4
Continuação							
CEP11	20/06/2016	26,1	1,3	62,6	387,1	0,9	18,5
CEP12	20/06/2016	25,3	1,3	77,0	86,5	0,9	12,4
CEP13	20/06/2016	16,3	6,70	395,30	127,61	3,13	33,49
CEP14	20/06/2016	15,1	7,88	428,63	34,83	2,21	39,41
CEP15	20/06/2016	15	4,97	386,37	70,94	2,29	24,87
CEP16	24/06/2016	24,6	3,3	137,6	20,4	0,7	16,1
CEP17	24/06/2016	26,0	2,0	64,5	27,1	0,6	22,1
CEP18	24/06/2016	26,5	2,1	74,1	NA	0,4	16,9
CEP19	24/06/2016	NA	NA	NA	NA	NA	NA
CEP20	25/06/2016	NA	NA	NA	NA	NA	NA
CEP21	29/06/2016	NA	2,0	149,5	95,9	2,0	9,8
CEP22	29/06/2016	24,1	1,5	122,3	88,2	0,8	25,8
CEP23	29/06/2016	21,4	NA	60,18	95,39	0,43	NA
CEP24	29/06/2016	24,6	2,0	68,2	41,5	1,0	23,8
CEP25	30/06/2016	23,8	2,1	197,7	32,6	1,5	17,0
CEP26	30/06/2016	26,5	2,8	98,3	109,8	1,6	18,8
CEP27	30/06/2016	26,5	2,1	113,8	267,1	2,3	14,3
CEP28	30/06/2016	26,3	2,1	192,9	98,2	2,8	7,0
CEP29	30/06/2016	26,0	1,2	84,0	46,5	1,3	20,5
CEP30	04/07/2016	24,6	NA	NA	NA	NA	NA
<b>Águas neríticas</b>							
Código	Data	Salinidade	Fosfato	Silicato	Amônio	Nitrito	Nitrato
(μmol.L <sup>-1</sup> )							
AN1	16/06/2016	26,5	5,3	260,8	89,8	4,2	6,8
AN2	17/06/2016	NA	1,0	146,8	104,8	0,7	19,4
AN3	21/06/2016	26,0	2,4	105,9	NA	0,9	24,2
AN4	21/06/2016	26,0	1,8	97,2	NA	1,1	9,4
AN5	21/06/2016	26,1	2,6	159,2	6,5	1,1	12,9
AN6	23/06/2016	26,1	1,7	119,8	12,6	0,0	0,0
AN7	23/06/2016	26,0	2,1	101,1	21,5	0,6	14,4
AN8	23/06/2016	26,0	2,2	103,5	3,2	0,6	19,4
AN9	23/06/2016	25,7	1,8	100,6	7,6	0,6	12,1
AN10	24/06/2016	25,8	1,6	138,1	18,7	0,3	7,8
AN11	24/06/2016	25,8	1,4	113,1	NA	0,4	6,9
AN12	24/06/2016	25,7	0,9	79,4	27,6	0,3	4,3
AN13	24/06/2016	24,2	1,9	100,1	10,9	0,7	9,5

Continuação

Águas neríticas							
Código	Data	Salinidade	Fosfato ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ )	Silicato	Amônio	Nitrito	Nitrato
AN14	24/06/2016	25,6	1,0	78,0	7,6	0,4	5,2
AN15	24/06/2016	25,7	1,8	149,6	7,6	1,2	9,2
AN16	24/06/2016	26,9	2,2	125,1	34,8	0,2	7,6
AN17	24/06/2016	26,9	4,8	91,4	NA	0,2	13,8
AN18	24/06/2016	26,7	1,7	85,2	28,2	0,3	10,6
AN19	25/06/2016	24,8	1,3	128,1	122,1	0,2	19,8
AN20	25/06/2016	25,5	1,3	111,9	NA	0,3	27,3
AN21	25/06/2016	24,4	0,7	92,7	47,1	0,2	24,5
AN22	25/06/2016	25,5	1,1	165,6	30,9	0,0	18,3
AN23	27/06/2016	24,8	0,2	44,2	79,8	0,5	1,1
AN24	27/06/2016	27,8	0,4	83,3	128,2	0,4	1,8
AN25	27/06/2016	24,3	0,4	35,4	122,1	0,4	2,0
AN26	27/06/2016	25,8	1,0	105,2	104,8	0,2	5,0
AN27	27/06/2016	26,2	1,5	106,7	70,4	0,4	7,3
AN28	29/06/2016	26,3	23,7	126,5	83,7	0,3	24,6
AN29	29/06/2016	26,3	2,4	173,9	NA	0,5	18,9
AN30	29/06/2016	26,0	1,2	174,4	64,8	0,4	23,6
AN31	29/06/2016	26,1	1,6	166,6	15,9	0,3	20,3
AN32	30/06/2016	25,8	0,7	109,8	0,4	0,2	3,5
AN33	30/06/2016	25,5	1,0	153,1	37,6	0,3	4,8
AN34	30/06/2016	26,2	1,9	207,2	9,8	0,4	9,5
AN35	30/06/2016	25,5	NA	NA	NA	NA	NA
AN36	30/06/2016	24,1	NA	NA	NA	NA	NA
AN37	30/06/2016	20,4	NA	NA	NA	NA	NA
AN38	01/07/2016	NA	3,7	161,4	293,7	0,8	16,9
AN39	04/07/2016	26,1	NA	NA	NA	NA	NA
AN40	04/07/2016	26,2	NA	NA	NA	NA	NA
AN41	04/07/2016	26,5	NA	NA	NA	NA	NA
AN42	04/07/2016	26,5	NA	NA	NA	NA	NA
AN43	04/07/2016	25,9	NA	NA	NA	NA	NA
AN44	04/07/2016	26,3	NA	NA	NA	NA	NA
AN45	04/07/2016	26,0	NA	NA	NA	NA	NA
AN46	11/07/2016	26,4	NA	NA	NA	NA	NA
AN47	11/07/2016	26,8	NA	NA	NA	NA	NA
AN48	11/07/2016	26,7	NA	NA	NA	NA	NA
AN49	11/07/2016	26,6	NA	NA	NA	NA	NA

9.3 Densidade celular (cél.L<sup>-1</sup>) fitoplancônica contadas nas amostras da Baía de Guaratuba (BG), Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP) e Águas neríticas (AN) realizadas entre junho e agosto de 2016

Baía de Guaratuba													
Mês	Junho												
Dia	15	15	21	21	21	23	23	23	24	25	25	25	25
Local	BG1	BG2	BG3	BG4	BG5	BG6	BG7	BG8	BG10	BG11	BG12	BG13	BG13
MICROPLÂNCTON (>20µm)													
<b>DIATOMÁCEAS</b>													
<i>Actinocyclus</i> sp.	0	0	0	314	0	0		0		0	0	0	0
<i>Amphora</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bidulphia</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	0	0	0
<i>Campylosira</i>	0	0	0	0	2355	1040	1570	942	2606	0	9420	3140	3140
Cêntricas NI	9938	12952	17269	13501	11774	80	11931	5652	4176	3920	21979	3140	3140
<i>Chaetocero</i> sp.	0	0	0	0	0	160	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetocero</i> solitário	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Corethron</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Coscinodiscus</i> spp.	0	392	0	314	0	640	518	314	0	240	518	0	0
<i>Cyclotella</i> spp.	44429	62012	35323	0	38463	160	25119	23549	0	0	29828	8368	8368
<i>Cymatosira lorenziana</i>	2606	1570	54162	0	54162	400	14129	6908	0	2640	6280	4710	4710
<i>Dictylum</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Guinardia delicatula</i>	0	0	3925	4082	0	0	26061	3454	132815	2320	20409	48668	48668
<i>Licmophora</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Melosira</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula</i> spp.	0	1177	0	314	0	0	0	0	0	0	1570	518	518
Naviculóide NI	6798	18054	13344	12873	26689	800	15071	4396	0	2400	44366	4176	4176

Continuação													
Mês													
Junho													
Dia	15	15	15	21	21	21	23	23	23	24	25	25	25
Local	BG1	BG2	BG3	BG4	BG5	BG6	BG7	BG8	BG10	BG11	BG12	BG13	BG13
<i>Odontela</i> spp.	0	0	0	5338	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pleurosigma</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	2606	0	518	0	0
<i>Rhizosolenia punges</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhizosolenia robusta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	240	0	0	0
<i>Skeletonema</i> spp.	6280	0	1570	314	0	0	0	0	1036	0	3658	2088	0
<i>Thalassiosira colônia</i>	5746	0	0	314	1570	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Thalassiosira</i> spp.	3658	5887	10989	5338	16484	320	12559	3768	1036	160	17740	3140	0
<i>Thalassionema</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Diatomáceas total</b>	<b>73786</b>	<b>102045</b>	<b>138938</b>	<b>67193</b>	<b>157777</b>	<b>3600</b>	<b>108795</b>	<b>49609</b>	<b>153161</b>	<b>12000</b>	<b>149142</b>	<b>77947</b>	
<b>DINOFLAGELADOS</b>													
<i>Dinophysis acuminata</i>	15040	5520	63582	19280	7720	0	49138	48354	0	1440	4880	69547	0
<i>Dinophysis caudata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratium</i> spp.	4176	4710	13344	5652	15699	0	4710	4082	0	800	3140	6798	0
Dino 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dino NI	5228	1570	3925	2826	2355	0	4710	1570	3658	1200	0	4710	0
Dino NI4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gymnodinium</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gyrodinium</i>	518	0	0	628	2355	80	1036	314	0	0	0	518	0
<i>Gyrodinium</i> + <i>Dinophysis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Noctiluca scintillans</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	518	0
<i>Noctiluca</i> + <i>Dinophysis</i>	0	0	1570	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ostreopsis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



Continuação													
Mês	Junho												
Dia	15	15	21	21	21	23	23	23	24	25	25	25	25
Local	BG1	BG2	BG3	BG4	BG5	BG6	BG7	BG8	BG10	BG11	BG12	BG13	BG13
<i>Prorocentrum</i>													
<i>scutellum</i>	6798	1570	785	628	0	0	2512	4710	0	320	2606	1570	
<i>P. minimum</i>	38149	14914	5495	3768	4710	0	2512	942	0	800	0	2088	
<i>P. micans</i>	6798	392	3140	314	0	0	1570	2826	0	80	518	518	
<i>P. sp.2</i>	1570	0	785	628	0	0	518	1570	0	0	0	0	
<i>Protoperidinium</i> spp.	7316	1570	2355	3768	0	0	3140	942	0	240	1036	518	
<i>Scrippsiella</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Sp. 2</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Torodinium robustum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>Dinoflagelados total</b>	<b>98120</b>	<b>32576</b>	<b>94980</b>	<b>37491</b>	<b>33624</b>	<b>80</b>	<b>69846</b>	<b>65309</b>	<b>3658</b>	<b>4880</b>	<b>12180</b>	<b>86785</b>	
<b>OUTROS</b>													
Raphidophyceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Cocolitoforídeo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Silicoflagelados	2606	2747	3925	314	1036	320	1570	942	518	160	1036	3658	
Ciliados	38620	0	785	628	0	400	2088	314	0	0	0	0	
Ciliados+Dinophysis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Mesodinium rubrum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Vorticella</i> sp.	0	0	0	0	0	160	0	0	0	0	0	0	
Tintinídeo	2606	0	0	314	0	0	0	0	0	0	0	0	
Zooplâncton	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	518	
Pelota	0	0	1570	0	3925	0	82578	628	0	0	0	0	

Continuação													
Mês	Junho												
Dia	15	15	21	21	21	23	23	23	24	25	25	25	25
Local	BG1	BG2	BG3	BG4	BG5	BG6	BG7	BG8	BG10	BG11	BG12	BG13	BG13
MICRO (10-20 µm)													
<i>Chaetocero</i> sp.	0	0	0	10902	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diatomácea cêntrica	10902	39248	32707	32707	54511	10902	17444	21804	10902	4361	28346	0	0
Diatomácea naviculóide	6541	30526	98120	109022	87218	28346	17444	6541	39248	17444	100300	0	0
Dinoflagelados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4361	0	0
Giminodineaceo	13083	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NANO (2-10µm)													
Criptofíceas	122105	170075	32707	16353	87218	6541	6541	19624	4361	34887	32707	23985	23985
<i>Cyclotella</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	211503	0	0	0	0
Nanoflagelado	2354880	2224053	5140398	4878744	6595844	1650596	1301725	2516233	1301725	670705	161353	1454356	1454356

Baía de Guaratuba														
Mês	Junho													
Dia	27	27	28	28	29	29	29	29	29	4	6	11	13	Agosto
Local	BG14	BG15	BG16	BG17	BG18	BG19	BG20	BG21	BG22	BG23	BG24	BG25		
MICROPLÂNCTON (>20µm)	1													
DIATOMÁCEAS														
<i>Actinocyclus</i> sp.	160	981	80	785	800	0	0	0	0	0	0	0	160	1036
<i>Amphora</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bidulphia</i> sp.	0	1962	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1036
<i>Campylosira</i>	560	40229	0	0	0	0	0	0	0	7065	0	0	0	0
Cêntricas NI	4400	33361	6880	18054	12400	12756	31200	3140	25904	42388	3360	10989		
<i>Chaetocero</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetocero</i> solitário	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Corethron</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Coscinodiscus</i> spp.	160	981	240	0	0	0	0	0	785	785	800	1036		
<i>Cyclotella</i> spp.	4400	19624	7600	215079	30800	38267	288000	16484	280231	117744	8320	81008		
<i>Cymatosira lorenziana</i>	320	40229	720	28259	60000	0	0	7850	0	14129	0	6280		
<i>Dictylum</i> sp.	0	0		0	0	#DIV/0!	100		785	0	0	0		
<i>Guinardia delicatula</i>	800	2944	0	0	0	981	0	0	0	0	0	0		
<i>Licmophora</i> sp.	0	0	0	0	1200	0	0	0	0	785	0	0		
<i>Melosira</i> spp.	240	0	160	3140	3600	2944	4000	785	1570	0	160	0		
<i>Navicula</i> spp.	0	6868	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Naviculóide NI	1520	62797	240	15699	10000	13737	5200	785	4710	2355	480	15071		
<i>Odontela</i> spp.	0	0	0	785	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Pleurosigma</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Rhizosolenia punges</i>	160	0	0	0	400	0	0	0	0	785	0	0		
<i>Rhizosolenia robusta</i>	0	0	0	0	0	0	400	0	0	0	0	0		

Continuação														
Mês	Junho							Julho						
Dia	27	27	27	28	28	29	29	29	29	4	6	11	13	Agosto 10
Local	BG14	BG15	BG16	BG17	BG18	BG19	BG20	BG21	BG22	BG23	BG24	BG25		
<i>Skeletonema</i> spp.	0	42192	0	0	4800	981	0	2355	0	0	160	8368		
<i>Thalassiosira colônia</i>	0	0	0	0	0	3925	0	0	0	0	0	0		
<i>Thalassiosira</i> spp.	2320	37286	2480	25904	15600	4710	3040	13344	6280	27474	39040	12559		
<i>Thalassionema</i> spp.														
<b>Diatomáceas total</b>	<b>15040</b>	<b>578908</b>	<b>18400</b>	<b>307704</b>	<b>139600</b>	<b>78300</b>	<b>331940</b>	<b>44743</b>	<b>320264</b>	<b>213509</b>	<b>52480</b>	<b>137384</b>		
<b>DINOFLAGELADOS</b>														
<i>Dinophysis acuminata</i>	1440	900	1680	640	17200	600	2000	0	0	40	320	240		
<i>Dinophysis caudata</i>	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0		
<i>Ceratium</i> spp.	8720	0	6640	3140	6800	99101	21600	39248	0	4710	3520	0		
Dino 1	320	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Dino NI	3760	4906	560	2355	5600	16680	3200	116959	0	9420	0	1570		
Dino NI4	0	0	0	0	0		0	8635	0	0	480	0		
<i>Gymnodinium</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Gyrodinium</i>	160	0	0	0	1200	981	0	3140	0	3140	2240	0		
<i>Gyrodinium + Dinophysis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Noctiluca scintillans</i>	1920	0	240	0	0	981	400	0	0	0	0	0		
<i>Noctiluca+Dinophysis</i>	0	0	0	0	0	0	400	0	0	0	0	0		
<i>Ostreopsis</i> sp.	0	0	480	0	800	981	0	785	0	0	0	0		
<i>Prorocentrum scutellum</i>	5120	3925	4240	0	1600	28455	1200	1570	0	7065	2400	518		
<i>P. minimum</i>	1760	5887	0	5495	1200	2944	1600	8635	12559	6280	6240	3140		
<i>P. micans</i>	640	2944	160	0	1200	981	400	0	0	1570	3040	0		
<i>P. sp.2</i>	1120	1962	400	0	2000	4906	0	60442	785	2355	640	0		
<i>Protoperidinium</i> spp.	1600	0	480	0	1200	981	1600	1570	0	3925	1120	0		

Continuação														
Mês	Junho													
Dia	27	27	28	28	29	29	29	29	4	6	11	13	Agosto	
Local	BG14	BG15	BG16	BG17	BG18	BG19	BG20	BG21	BG22	BG23	BG24	BG25		
<i>Scrippsella</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Sp. 2	0	0	0	0	0		0	76141	0	0	0	0	0	
<i>Torodinium robustum</i>	0	981	0	0	400	981	0	0	0	785	0	0	0	
<b>Dinoflagelados total</b>	<b>26560</b>	<b>21505</b>	<b>14880</b>	<b>11629</b>	<b>39200</b>	<b>158573</b>	<b>32400</b>	<b>317124</b>	<b>13344</b>	<b>39288</b>	<b>20000</b>	<b>5468</b>		
<b>OUTROS</b>														
Raphidophyceae	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	
Cocolitofórideo	0	0	0	0	0	0	0	62797	785	12559	0	0	36108	
Silicoflagelados	480	11774	80	0	8400	12756	4000	785	0	0	320	1570		
Ciliados	400	0	0	0	800	3925	400	1570	0	0	2560	0		
Ciliados+Dinophysis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1280	0		
<i>Mesodinium rubrum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Vorticella</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Tintinideo	0	981	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Zooplâncton	480	981	480	0	0	0	1200	0	0	0	0	0	0	
Pelota	5120	8831	560	0	0	19624	1200	0	7850	785	0	18839		
<b>MICRO (10-20 µm)</b>														
<i>Chaetocero</i> sp.	0	0	0	0	0	43609	0	10902	10902	0	5451	0		
Diatomácea cêntrica	2180	81767	27256	27256	10902	5451	27256	0	0	0	10902	5451		
Diatomácea naviculóide	28346	54511	65413	76316	49060	70864	49060	54511	5451	43609	0	114473		
Dinoflagelados	0	16353	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Gimnodineaceo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Continuação													
Mês	Junho						Julho				Agosto		
Dia	27	27	28	28	29	29	29	29	4	6	11	13	10
Local	BG14	BG15	BG16	BG17	BG18	BG19	BG20	BG21	BG22	BG23	BG24	BG25	
NANO (2-10µm)								0	0				
Criptofíceas	130827	190789	218044	337969	5451	381578	76316	337969	109022	141729	283458	21804	
<i>Cyclotella</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Nanoflagelado	1506687	2621984	4655249	9212378	5734569	9119709	2393038	7299038	3472358	5309382	4758820	3957507	



Complexo Estuarino de Paranaguá

Mês	Junho											
Dia	14	14	14	15	15	15	16	20	20	20	20	20
Local	CEP1	CEP2	CEP3	CEP5	CEP6	CEP7	CEP8	CEP9	CEP11	CEP12	CEP13	CEP14
MICROPLÂNCTON (>20µm)												
<b>DIATOMÁCEAS</b>												
<i>Actinocyclus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	518	0	0	0	0
<i>Amphora</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	2088	0	0	0
<i>Bidulphia</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Campylosira</i>	0	0	0	0	0	0	0	3140	0	3140	0	0
Cêntricas NI	3140	7850	1570	1177	46023	12952	1570	15699	8007	5887	1360	1520
<i>Chaetocero</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetocero</i> solitário	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	480	0
<i>Corethron</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Coscinodiscus</i> spp.	3140	785	1570	188	318571	392	1570	518	251	392	80	0
<i>Cyclotella</i> spp.	392	3140	0	392	138588	64367	0	4082	1821	4710	240	240
<i>Cymatosira lorenziana</i>	2747	2355	0	0	557500	0	1570	15699	2826	4710	0	0
<i>Dictylum</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Guinardia delicatula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Licmophora</i> sp.	3140	0	0	0	122650	0	0	518	0	0	0	0
<i>Melosira</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160
<i>Navicula</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	392	0	80
Naviculóide NI	2355	4710	6280	2151	65066	28259	2088	12559	0	7065	1520	720
<i>Odontela</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pleurosigma</i> spp.	0	0	0	0	557500	0	0	0	2041	0	80	0
<i>Rhizosolenia pungens</i>	0	0	0	0	61325	0	4082	0	518	7850	0	0

Continuação													
Mês	Junho												
Dia	14	14	14	15	15	15	15	16	20	20	20	20	20
Local	CEP1	CEP2	CEP3	CEP5	CEP6	CEP7	CEP8	CEP9	CEP11	CEP12	CEP13	CEP14	
<i>Rhizolenia robusta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Skeletonema</i> spp.	785	1570	785	392	220991	0	2088	0	1036	0	2960	4480	
<i>Thalassiosira colônia</i>	0	0	0	392	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Thalassiosira</i> spp.	3532	7065	5495	581	40147	3140	3140	10989	4082	12167	960	640	
<i>Thalassionema</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Diatomáceas total</b>	<b>19232</b>	<b>27474</b>	<b>15699</b>	<b>5275</b>	<b>2128361</b>	<b>109109</b>	<b>16107</b>	<b>63723</b>	<b>22670</b>	<b>46313</b>	<b>7680</b>	<b>7840</b>	
<b>DINOFLAGELADOS</b>													
<i>Dinophysis acuminata</i>	95373	171121	261392	42320	2560	880	62169	83206	27160	67507	80	0	
<i>Dinophysis caudata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Ceratium</i> spp.	3532	5495	3140	0	2230000	0	2606	6751	518	3532	0	0	
Dino 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Dino NI	5495	7065	7850	392	743333	785	1570	3611	8321	1962	0	0	
Dino NI4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Gymnodinium</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Gyrodinium</i>	0	0	0	392	557500	0	518	0	251	785	0	0	
<i>Gyrodinium</i> + <i>Dinophysis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Noctiluca scintillans</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Noctiluca</i> + <i>Dinophysis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Ostreopsis</i> sp.	0	3140	8635	0	0	0	0	1036	0	0	0	0	
<i>Prorocentrum</i> <i>scutellum</i>	20016	3925	45528	6468	743333	1177	17269	13030	7583	4710	0	0	
<i>P. minimum</i>	0	8635	1570	1366	245300	22764	3140	2041	0	2747	0	0	

Continuação															
Mês	Junho														
Dia	14	14	14	15	15	15	15	15	16	20	20	20	20	20	20
Local	CEP1	CEP2	CEP3	CEP5	CEP6	CEP7	CEP8	CEP9	CEP11	CEP12	CEP13	CEP14			
<i>P. micans</i>	11774	17269	7850	785	2230000	0	6280	3611	2606	0	0	0			
P. sp.2	785	3925	785	0	2230000	785	9420	3140	0	785	0	0			
<i>Protoperidinium</i> spp.	785	7065	14129	1570	245300	0	4710	4082	2873	1962	0	0			
<i>Scrippsiella</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Sp. 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
<i>Torodinium robustum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
<b>Dinoflagelados total</b>	<b>137760</b>	<b>227638</b>	<b>350877</b>	<b>53294</b>	<b>9227327</b>	<b>26391</b>	<b>107681</b>	<b>120507</b>	<b>49311</b>	<b>83991</b>	<b>80</b>	<b>0</b>			
<b>OUTROS</b>															
Raphidophyceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Coccolitofórideo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Silicoflagelados	3925	3925	0	0	220991	0	0	0	785	1570	0	0			
Ciliados	0	0	0	0	138588	0	0	0	0	785	0	0			
Ciliados+Dinophysis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
<i>Mesodinium rubrum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
<i>Vorticella</i> sp.	0	0	0	581	0	0	0	0	0	0	0	0			
Tintinídeo	0	0	0	0	0	0	0	3140	0	0	0	0			
Zooplâncton	0	3925	0	0	0	0	518	3611	0	0	0	0			
Pelota															
MICRO (10-20 µm)	0	12114	0	0	44154	0	2180	0	0	19624	0	0			
<i>Chaetocero</i> sp.	8722	24227	10902	4361	58872	0	10902	23985	63233	8722	0	0			
Diatomácea cêntrica	13083	84795	19624	6541	25231	16353	0	74135	252932	15263	0	0			

Continuação													
Mês	Junho												
Dia	14	14	14	14	15	15	15	15	16	20	20	20	20
Local	CEP1	CEP2	CEP3	CEP5	CEP6	CEP7	CEP8	CEP9	CEP11	CEP12	CEP13	CEP14	
Diatomácea naviculóide	0	12114	0	0	0	0	28346	0	0	0	0	0	0
Dinoflagelados	2180	12114	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Giminodineaceo	0	0	0	2180	44154	16353	0	8722	0	2180	0	0	0
NANO (2-10µm)													
Criptofíceas	139548	484543	255112	32707	5519	98120	74135	43609	56692	34887	0	0	0
<i>Cyclotella</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nanoflagelado	1362778	13131121	2010370	1709468	313	2976307	2001648	4243145	279097	4195175	0	0	0

Complexo Estuarino de Paranaguá														
Mês	Junho													
Dia	20	24	24	24	25	29	29	29	29	29	29	30	30	30
Local	CEP15	CEP17	CEP18	CEP29	CEP20	CEP21	CEP22	CEP23	CEP24	CEP25	CEP26	CEP27	CEP28	CEP28
MICROPLÂNCTON (>20µm)														
<b>DIATOMÁCEAS</b>														
<i>Actinocyclus</i> sp.	0	0	0	0	0	200	200	600	0	320	0	0	0	0
<i>Amphora</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bidulphia</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160	0	160	0	0
<i>Campylosira</i>	0	40	0	0	0	0	0	0	0	1440	960	480	640	640
Cêntricas NI	560	20	0	3925	5887	7000	5200	5400	5200	2400	4480	2080	960	960
<i>Chaetocero</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetocero</i> solitário	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Corethron</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Coscinodiscus</i> spp.	80	20	0	0	1177	800	800	400	200	320	0	160	0	0
<i>Cyclotella</i> spp.	400	0	0	1962	5102	2200	1000	2400	1000	1600	640	480	480	480
<i>Cymatosira lorenziana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2720	5120	10720	3200	3200
<i>Dictylum</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Guinardia delicatula</i>	0	5260	179756	3925	15699	15699	0	0	0	1600	1280	320	160	160
<i>Licmophora</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Melosira</i> spp.	80	0	0	0	0	200	200	0	400	160	960	2560	480	480
<i>Navicula</i> spp.	0	0	785	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Naviculóide NI	320	40	1570	4710	5102	2600	1200	6200	1000	4960	4160	4800	800	800
<i>Odontela</i> spp.	0	0	0	0	0	200	600	8400	200	960	0	800	0	0
<i>Pleurosigma</i> spp.	80	0	0	0	0	0	200	200	0	0	0	0	0	0
<i>Rhizosolenia pungens</i>	0	60	1570	3532	2355	1400	5200	600	2800	7520	1760	1600	0	0
<i>Rhizosolenia robusta</i>	0	20	0	0	0	0	400	0	400	160	0	160	0	0

Continuação		Junho											
Mês		20	24	24	24	25	29	29	29	29	29	30	30
Dia		CEP15	CEP17	CEP18	CEP29	CEP20	CEP21	CEP22	CEP23	CEP24	CEP25	CEP26	CEP27
Local		CEP15	CEP17	CEP18	CEP29	CEP20	CEP21	CEP22	CEP23	CEP24	CEP25	CEP26	CEP27
<i>Skeletonema</i> spp.		1120	0	0	0	785	400	800	2400	400	480	0	160
<i>Thalassiosira colônia</i>		40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Thalassiosira</i> spp.		480	160	6280	5495	9420	4000	6160	240	7280	16480	5440	8480
<i>Thalassionema</i> spp.		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4320	1600
<b>Diatomáceas total</b>		<b>3160</b>	<b>5620</b>	<b>189960</b>	<b>23549</b>	<b>45528</b>	<b>19000</b>	<b>21960</b>	<b>26840</b>	<b>18880</b>	<b>41280</b>	<b>24800</b>	<b>32960</b>
<b>DINOFLAGELADOS</b>													
<i>Dinophysis acuminata</i>		0	2460	115389	64367	46313	27000	21600	1000	52400	2400	1280	1440
<i>Dinophysis caudata</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160	0
<i>Ceratium</i> spp.		0	100	5495	21194	1177	4400	2000	0	4600	2080	160	0
Dino 1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dino NI		0	60	785	1962	7850	3600	400	800	2200	1280	2240	1760
Dino NI4		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gymnodinium</i> spp.		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gyrodinium</i>		0	60	1570	1962	392	0	0	0	0	2400	320	0
<i>Gyrodinium</i> + <i>Dinophysis</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Noctiluca scintillans</i>		0	0	1570	0	0	200	0	0	0	160	0	0
<i>Noctiluca</i> + <i>Dinophysis</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ostreopsis</i> sp.		0	0	0	0	0	0	0	0	2400	0	0	0
<i>Prorocentrum scutellum</i>		0	600	33753	7457	10204	2400	2600	0	14000	800	480	0
<i>P. minimum</i>		0	0	785	1962	1570	0	0	0	0	160	0	0
<i>P. micans</i>		0	60	5495	392	0	200	1000	0	400	160	160	0





Continuação														
Mês	Junho													
Dia	20	24	24	24	25	29	29	29	29	29	29	29	30	30
Local	CEP15	CEP17	CEP18	CEP29	CEP20	CEP21	CEP22	CEP23	CEP24	CEP25	CEP26	CEP27	CEP28	
Dinoflagelados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10902	0	
Giminodineaceo	0	0	0	13083	0	0	0	0	5451	0	0	0	0	
NANO (2-10µm)														
Criptoficea	0	300	63233	93759	43609	87218	43609	130827	372856	32707	174436	16353	103571	
<i>Cyclotella</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Nanoflagelado	0	15920	3344802	1787964	1040072	2431196	3058073	3406944	1798867	7091896	5358442	6001673	9817451	

Complexo Estuarino de Paranaguá						
Mês	Junho		Julho			
Dia	30	4	6	11		
Local	CEP29	CEP30	CEP31	CEP32		
MICROPLÂNCTON (>20µm)						
DIATOMÁCEAS						
<i>Actinocyclus</i> sp.	1962	160	392	0		
<i>Amphora</i> sp.	0	0	0	0		
<i>Bidulphia</i> sp.	1962	0	0	0		
<i>Campylosira</i>	21586	960	0	0		
Cêntricas NI	0	8160	6280	785		
<i>Chaetocero</i> sp.	0	0	0	0		
<i>Chaetocero</i> solitário	0	0	0	0		
<i>Corethron</i> sp.	0	0	0	0		
<i>Coscinodiscus</i> spp.	0	160	392	785		
<i>Cyclotella</i> spp.	21586	8160	5102	3140		
<i>Cymatosira lorenziana</i>	45135	12320	0	0		
<i>Dictylum</i> sp.	0	0	0	0		
<i>Guinardia delicatula</i>	0	0	0	0		
<i>Licmophora</i> sp.	0	0	0	0		
<i>Melosira</i> spp.	3925	1760	392	0		
<i>Navicula</i> spp.	0	160	0	0		
Naviculóide NI	0	3040	1177	0		
<i>Odontela</i> spp.	0	320	0	0		
<i>Pleurosigma</i> spp.	0	0	0	0		
<i>Rhizosolenia punges</i>	5887	800	0	0		
<i>Rhizosolenia robustas</i>	3925	0	392	0		

Continuação						
Mês	Junho			Julho		
Dia	30	4	6	11		
Local	CEP29	CEP30	CEP31	CEP32		
<i>Skeletonema</i> spp.	0	64	785	0		
<i>Thalassiosira colônia</i>	0	0	0	0		
<i>Thalassiosira</i> spp.	0	15840	14522	2355		
<i>Thalassionema</i> spp.	0	0	0	0		
<b>Diatomáceas total</b>	<b>105970</b>	<b>51904</b>	<b>29436</b>	<b>7065</b>		
<b>DINOFLAGELADOS</b>						
<i>Dinophysis acuminata</i>	<b>0</b>	<b>960</b>	<b>0</b>	<b>560</b>		
<i>Dinophysis caudata</i>	0	0	785	0		
<i>Ceratium</i> spp.	3925	480	4317	1570		
Dino 1	0	0	0	0		
Dino NI	0	1120	2747	11774		
Dino NI4	0	0	0	0		
<i>Gymnodinium</i> spp.	0	0	0	0		
<i>Gyrodinium</i>	7850	0	1570	3925		
<i>Gyrodinium</i> + <i>Dinophysis</i>	0	0	0	0		
<i>Noctiluca scintillans</i>	0	0	0	0		
<i>Noctiluca</i> + <i>Dinophysis</i>	0	0	0	0		
<i>Ostreopsis</i> sp.	0	960	0	0		
<i>Prorocentrum</i> <i>scutellum</i>	41210	1280	21586	6280		
<i>P. minimum</i>	5887	800	392	0		
<i>P. micans</i>	1962	160	1177	785		

Continuação						
Mês	Junho		Julho			
Dia	30	4	6	11		
Local	CEP29	CEP30	CEP31	CEP32		
P. sp.2	27474	320	1570	3925		
<i>Protoperidinium</i> spp.	1962	0	785	0		
<i>Scrippsiella</i>	0	0	0	0		
Sp. 2	1962	160	2355	0		
<i>Torodinium robustum</i>	3925	0	392	0		
Dinoflagelados total	96158	6240	37678	28819		
OUTROS						
Raphidophyceae	0	0	0	0		
0	#DIV/0!	4640	86738	345382		
Silicoflagelados	11774	1920	392	0		
Ciliados	5887	0	392	4710		
Ciliados+Dinophysis	0	0	0	0		
<i>Mesodinium rubrum</i>	0	0	0	0		
<i>Vorticella</i> sp.	0	0	0	0		
Tintinideo	1962	0	0	0		
Zooplâncton	17662	0	392	0		
Pelota						
MICRO (10-20 µm)	76316	21804	21804	5451		
<i>Chaetocero</i> sp.	5451	5451	0	0		
Diatomácea cêntrica	54511	16353	5451	0		
Diatomácea naviculóide	0	0	0	0		

Continuação				
Mês	Junho	Julho		
Dia	30	6	11	
Local	CEP29	CEP30	CEP31	CEP32
Dinoflagelados	5451	0	5451	0
Giminodineaceo	0	0	0	0
NANO (2-10µm)				
Criptoficea	168984	27256	228947	381578
<i>Cyclotella</i>	0	0	0	0
Nanoflagelado	8220276	5843591	5434758	5516524



Águas neríticas														
Mês	Junho													
Dia	16	17	21	21	21	23	23	23	23	23	23	24	24	24
Local	AN1	AN2	AN3	AN4	AN5	AN6	AN7	AN8	AN9	AN10	AN11	AN12	AN13	
MICROPLÂNCTON (>20µm)														
<b>DIATOMÁCEAS</b>														
<i>Actinocyclus</i> sp.	0	0	3140	785	0	0	0	0	0	0	0	0	0	785
<i>Amphora</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bidulphia</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Campylosira</i>	7850	17740	0	2355	0	2355	14129	25119	9420	0	0	0	0	0
Cêntricas NI	15699	13501	21351	26689	29828	785	4710	9420	5495	80	0	0	0	6280
<i>Chaetocero</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetocero</i> solitário	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	160	0	0	0
<i>Corethron</i> sp.	0	518	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Coscinodiscus</i> spp.	785	518	518	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cyclotella</i> spp.	10989	7222	10456	43173	45528	0	2355	7065	13344	0	0	0	0	24726
<i>Cymatosira lorenziana</i>	15699	4082	46470	45528	86346	0	7850	5495	34538	0	0	0	0	16092
<i>Dictylum</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Guinardia delicatula</i>	0	0	0	0	0	276306	29044	3925	6280	80	160	2512	26689	
<i>Licmophora</i> sp.	0	0	0	0	785	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Melosira</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Naviculóide NI	18054	15699	13501	14914	35323	3925	10989	7850	14914	80	0	0	2355	
<i>Odontela</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pleurosigma</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhizosolenia punges</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhizosolenia robustas</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160	0	0	0	0

Continuação															
Mês															
Junho															
Dia	16	17	21	21	21	23	23	23	23	23	23	24	24	24	24
Local	AN1	AN2	AN3	AN4	AN5	AN6	AN7	AN8	AN9	AN10	AN11	AN12	AN13		
<i>Skeletonema</i> spp.	0	0	0	0	785	0	0	0	1570	0	0	0	0	0	0
<i>Thalassiosira colônia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Thalassiosira</i> spp.	12559	16641	17269	28259	23549	6280	6280	4710	8635	80	0	0	0	2747	
<i>Thalassionema</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Diatomáceas total</b>	51038	75921	112705	161702	222144	289650	75356	63582	94195	560	320	2512		79673	
<b>DINOFLAGELADOS</b>															
<i>Dinophysis acuminata</i>	2056595	22400	70018	17040	58872	81636	166412	126379	120884	240	80	69547		41603	
<i>Dinophysis caudata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratium</i> spp.	9420	15699	3611	7065	25904	48668	24334	51022	60442	1840	120	48668		7850	
Dino 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dino NI	5495	5228	4082	3925	21979	17269	9420	10989	7850	160	0	11931		2355	
Dino NI4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gymnodinium</i> spp.	0	0	0	0	0	785	0	0	0	0	0	1036		0	0
<i>Gyrodinium</i>	3140	1036	0	0	0	2355	5495	3925	0	0	0	3658		0	0
<i>Gyrodinium</i> + <i>Dinophysis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Noctiluca scintillans</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	320	0	518		0	0
<i>Noctiluca</i> + <i>Dinophysis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	0	0		0	0
<i>Ostreopsis</i> sp.	0	518	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0
<i>Prorocentrum</i> <i>scutellum</i>	13344	20409	0	785	1570	0	13344	785	5495	0	0	1036		785	
<i>P. minimum</i>	4710	4082	2512	7850	3925	1570	6280	1570	10204	0	0	2606		0	0
<i>P. micans</i>	1570	7850	2041	785	3140	0	2355	5495	4710	0	0	3658		1177	
<b>P. sp.2</b>	10989	5746	0	1570	0	2355	6280	8635	7850	0	0	8792		392	

Continuação		Junho												
Mês		16	17	21	21	21	21	21	23	23	23	23	23	24
Local	AN1	AN2	AN2	AN3	AN3	AN4	AN5	AN6	AN7	AN8	AN9	AN10	AN11	AN12
<i>Protoperidinium</i> spp.	6280	29201	1570	3140	7065	49452	9420	4710	6280	80	15071	785	24	24
<i>Scrippsiella</i>	0	1570	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sp. 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Torodinium robustum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	392
<b>Dinoflagelados total</b>	2111542	113738	83834	42159	122454	204090	243338	213509	223714	2720	200	166521	55340	
<b>OUTROS</b>														
Raphidophyceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coccolitoforídeo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Silicoflagelados	1570	4082	1570	0	4710	0	1570	0	1570	0	0	518	0	0
Ciliados	0	518	0	0	785	2355	1570	0	1570	0	0	3658	0	0
Ciliados+Dinophysis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mesodinium rubrum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Vorticella</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tintinídeo	3140	1036	0	785	1570	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zooplâncton	0	0	0	0	0	0	0	0	3925	0	0	1036	392	
Pelota	1570	0	0	7065	7850	0	4710	18839	0	80	0	518	2355	
<b>MICRO (10-20 µm)</b>														
<i>Chaetocero</i> sp.	0	0	0	0	0	0	4361	0	0	0	0	0	0	0
Diatomácea cêntrica	13083	6541	54511	65413	32707	0	0	0	16353	0	0	0	2180	
Diatomácea naviculóide	37068	23985	136278	49060	28346	6541	21804	65413	49060	6541	0	0	13083	
Dinoflagelados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gimnodineaceo	0	0	0	0	0	0	8722	0	0	0	0	8722	2180	

Continuação													
Mês	Junho												
Dia	16	17	21	21	21	23	23	23	23	23	23	24	24
Local	AN1	AN2	AN3	AN4	AN5	AN6	AN7	AN8	AN9	AN10	AN11	AN12	AN13
NANO (2-10µm)													
Criptofíceas	139548	484543	255112	32707	5519	98120	74135	43609	56692	34887	0	139548	484543
<i>Cyclotella</i>	100300	41428	54511	81767	81767	6541	87218	21804	43609	0	13083	65413	39248
Nanoflagelado	4633444	3211795	6514078	3810327	6933813	684660	3243411	1231951	6110696	95940	1133831	3004652	2500970

Águas neríticas																
Mês	Junho															
Dia	24	24	24	24	24	25	25	25	25	25	25	27	27	27	27	27
Local	AN14	AN15	AN16	AN17	AN18	AN19	AN20	AN21	AN22	AN23	AN24	AN25	AN26	AN26	AN26	AN26
MICROPLÂNCTON																
(>20um)																
<b>DIATOMÁCEAS</b>																
<i>Actinocyclus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Amphora</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bidulphia</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Campylosira</i>	0	0	2355	0	0	0	0	0	9420	0	0	0	0	0	0	0
Cêntricas NI	0	80	0	0	785	0	0	0	0	14522	720	800	0	0	0	0
<i>Chaetocero</i> sp.	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetocero</i> solitário	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	0	0	0	0	0
<i>Corethron</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Coscinodiscus</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	80	0	0	0	0
<i>Cyclotella</i> spp.	785	0	0	0	0	0	0	0	0	38463	160	3680	0	0	0	0
<i>Cymatosira lorenziana</i>	0	0	0	0	0	0	0	7850	0	1177	0	80	0	0	0	0
<i>Dicylum</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	240	0	0	0	0
<i>Guinardia delicatula</i>	3925	20800	119314	328113	21979	7850	10989	29436	64367	0	0	1120	785	0	0	0
<i>Licmophora</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Melosira</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	400	0	0	0	0
<i>Navicula</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Naviculóide NI	785	80	0	0	0	0	785	0	1570	5102	0	80	0	0	0	0
<i>Odontela</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pleurosigma</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhizosolenia punges</i>	0	0	0	785	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhizosolenia robustas</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	160	0	0	0	0
<i>Skeletonema</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160	0	0	0	0

Continuação		Junho													
Mês															
Dia	24	24	24	24	24	24	24	24	25	25	25	25	27	27	27
Local	AN14	AN15	AN16	AN17	AN18	AN19	AN20	AN21	AN22	AN23	AN24	AN25	AN26	AN27	AN28
<i>Thalassiosira colônia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Thalassiosira spp.</i>	2355	80	785	785	3140	0	2355	1962	1570	4710	240	2480	0	0	0
<i>Thalassionema spp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Diatomáceas total</b>	7850	21120	122454	329683	25904	7850	14129	39248	76926	63974	1360	9280	785		
<b>DINOFLAGELADOS</b>															
<i>Dinophysis acuminata</i>	599709	44160	203305	76926	178971	890930	252757	5161112	791240	35323	3200	5360	171906		
<i>Dinophysis caudata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratium spp.</i>	18054	4000	3140	3140	27474	7065	36108	96158	27474	24726	5920	2720	21194		
Dino 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59657		
Dino NI	3140	960	785	785	2355	10989	12559	105970	19624	3140	2800	3840	6280		
Dino NI4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gymnodinium spp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gyrodinium</i>	2355	640	7065	6280	5495	4710	11774	82421	27474	1177	480	880	5495		
<i>Gyrodinium +</i>															
<i>Dinophysis</i>	0	0	0	0	785	0	0	11107	0	0	0	0	200		
<i>Noctiluca scintillans</i>	0	1920	785	0	785	0	0	0	0	0	160	0	560		
<i>Noctiluca+Dinophysis</i>	0	280	0	0	785	0	0	0	0	0	0	0	320		
<i>Ostreopsis sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Prorocentrum</i>															
<i>scutellum</i>	3925	1040	31398	79281	2355	6280	0	5887	6280	8242	0	1040	4710		
<i>P. minimum</i>	1570	80	4710	2355	2355	3925	14129	13737	6280	0	80	800	19624		
<i>P. micans</i>	10204	80	6280	3140	3925	3925	785	0	3140	1962	0	1040	7065		
<i>P. sp.2</i>	6280	3520	14129	3925	18839	5495	3140	80458	8635	1962	7920	8080	10989		
<i>Protoperidinium spp.</i>	7850	560	14914	5495	7065	2355	2355	37286	8635	0	880	1040	7850		



Continuação		Junho													
Mês															
Dia	24	24	24	24	24	24	24	24	24	25	25	25	25	27	27
Local	AN14	AN15	AN16	AN17	AN18	AN19	AN20	AN21	AN22	AN23	AN24	AN25	AN26	AN27	AN28
<i>Scrippsiella</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sp. 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Torodinium robustum</i>	0	0	1570	3925	785	0	0	0	785	392	0	0	3925	0	0
<b>Dinoflagelados total</b>	653087	57240	288080	185251	251972	935672	333608	5594135	899564	76926	21440	24800	406904	0	0
<b>OUTROS</b>															
Raphidophyceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cocolitoforídeo	0	0	0	17269	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Silicoflagelados	785	240	2355	7065	1570	3140	4710	5887	3140	1177	0	2000	1570	0	0
Ciliados	785	400	7850	16484	4710	5495	1570	17662	4710	1177	320	720	14914	0	0
Ciliados+Dinophysis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	240	0	0
<i>Mesodinium rubrum</i>	0	0	785	4710	785	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Vorticella</i> sp.	785	80	0	0	785	0	0	0	1570	0	0	0	0	0	0
Tintinídeo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zooplâncton	785	0	0	0	0	0	1570	0	0	0	160	560	0	0	0
Pelota	1570	0	0	0	0	785	0	0	0	0	800	1200	0	0	0
<b>MICRO (10-20 um)</b>															
<i>Chaetocero</i> sp.	0	0	4361	0	0	0	0	5451	0	0	0	6541	0	0	0
Diatomácea cêntrica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4361	0	2180	0	0	0
Diatomácea naviculóide	2180	0	0	0	2180	0	21804	0	0	13083	0	2180	0	0	0
Dinoflagelados	0	0	0	0	0	0	0	0	2180	0	0	0	0	0	0
Gimnodineaceo	2180	0	0	0	0	2180	0	0	4361	1090	0	0	0	0	0
<i>Gyrodinium</i> sp.	0	0	0	0	0	5451	6541	4361	0	2180	0	15263	2180	0	0

Continuação																
Mês	Junho															
Dia	24	24	24	24	24	24	24	24	24	25	25	25	25	25	27	27
Local	AN14	AN15	AN16	AN17	AN18	AN19	AN20	AN21	AN22	AN23	AN24	AN25	AN26	AN27	AN28	AN29
NANO (2-10um)																
Criptofíceas	52	74135	246390	65413	202781	272556	98120	119924	78496	82857	45789	119924	32707			
<i>Cyclotella</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nanoflagelado	4140	2391948	1388943	3381869	3922620	6208816	3039540	2592548	1772701	2976307	1064057	1539394	1035711			

Águas neríticas															
Mês	Junho														
Dia	27	29	29	29	29	29	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Local	AN27	AN28	AN29	AN29	AN30	AN31	AN31	AN31	AN31	AN31	AN31	AN31	AN31	AN31	AN31
MICROPLÂNCTON (>20µm)															
<b>DIATOMÁCEAS</b>															
<i>Actinocyclus</i> sp.	0	0	400	400	400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Amphora</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bidulphia</i> sp.	0	0	0	400	400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Campylosira</i>	0	0	0	0	0	600	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cêntricas NI	3140	1200	4000	5600	3600	0	160	0	1036	0	0	0	960	480	
<i>Chaetocero</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetocero</i> solitário	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Corethron</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Coscinodiscus</i> spp.	0	0	0	600	200	0	0	0	518	0	0	0	80	0	0
<i>Cyclotella</i> spp.	0	0	3400	600	800	0	0	0	0	0	0	785	160	320	
<i>Cymatosira lorenziana</i>	0	0	14400	12000	3200	0	0	0	0	0	0	0	640	800	
<i>Dicylum</i> sp.	0	0	200	800	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Guinardia delicatula</i>	7850	1600	400	600	3200	0	0	0	0	0	0	0	0	160	
<i>Licmophora</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Melosira</i> spp.	1570	0	3000	2000	200	0	0	0	0	0	0	785	0	160	
<i>Navicula</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	480	
Naviculóide NI	1570	400	2400	2800	1400	0	1036	0	0	0	0	0	320	960	
<i>Odontela</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pleurosigma</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhizosolenia punges</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	0	0
<i>Rhizosolenia robusta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Skeletonema</i> spp.	0	0	600	600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Continuação															
Mês	Junho														
Dia	27	29	29	29	29	29	29	30	30	30	30	30	30	30	4
Local	AN27	AN28	AN28	AN29	AN30	AN31	AN31	AN31	AN31	AN33	AN34	AN35	AN36	AN37	AN38
AN40	AN40	AN40	AN40	AN40	AN40	AN40	AN40	AN40	AN40	AN40	AN40	AN40	AN40	AN40	AN40
<i>Thalassiosira colônia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Thalassiosira spp.</i>	2606	2400	13200	5000	4600	0	0	0	0	0	1036	0	0	785	1440
<i>Thalassionema spp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Diatomáceas total</b>	16735	5600	42000	31400	18000	0	160	2072	1554	0	2355	3680	5280		
<b>DINOFLAGELADOS</b>															
<i>Dinophysis acuminata</i>	55889	27600	11400	15800	19000	2280	2880	0	160	0	4710	240	320		
<i>Dinophysis caudata</i>	0	0	0	0	0	0	0	518	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratium spp.</i>	2606	14800	400	5600	16200	2355	5120	20409	8886	7850	32968	1200	11840		
Dino 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dino NI	11508	7200	2400	5800	10000	3925	1120	4710	6280	5495	4710	1280	3280		
Dino NI4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	320		
<i>Gymnodinium spp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gyrodinium</i>	3658	2800	200	200	2400	3140	3680	1036	6280	36108	3140	800	320		
<i>Gyrodinium +</i>															
<i>Dinophysis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Noctiluca scintillans</i>	0	0	0	0	800	0	160	0	23549	0	0	800	160		
<i>Noctiluca+Dinophysis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ostreopsis sp.</i>	0	0	0	2200	1000	785	480	1036	0	0	0	320	1600		
<i>Prorocentrum</i>															
<i>scutellum</i>	51807	1400	0	1800	2400	10204	7360	45528	41760	55732	34538	5760	5600		
<i>P. minimum</i>	2606	12000	1400	1600	6200	7850	1920	5746	10456	52592	124809	1280	0		
<i>P. micans</i>	2606	400	200	1200	1800	3140	2720	518	8368	1570	3140	480	480		
<i>P. sp.2</i>	5652	6000	400	2200	4800	43173	74080	58087	63268	51022	186036	1520	7520		
<i>Protoperidinium spp.</i>	5228	9600	400	1200	8400	3925	1280	0	4176	25119	18054	400	800		

Continuação																	
Mês		Junho															
Dia		27	29	29	29	29	29	29	30	30	30	30	30	30	30	30	Julho
Local		AN27	AN27	AN28	AN28	AN29	AN30	AN31	AN31	AN31	AN33	AN34	AN35	AN36	AN37	AN38	AN40
<i>Scrippsiella</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sp. 2		0	0	0	0	0	0	0	1600	1600	4176	7850	36893	206444	480	3040	3040
<i>Torodinium robustum</i>		2088	800	0	0	0	0	200	1570	1440	2606	1036	785	0	80	0	0
<b>Dinoflagelados total</b>		143648	305400	16800	37600	202000	87056	107520	144370	182585	273166	625613	14680	35280			
<b>OUTROS</b>																	
Raphidophyceae		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coccolitoforídeo		0	0	0	0	0	0	0	160	17269	7850	40818	254327	13600	0	0	0
Silicoflagelados		3658	3200	1600	1800	3400	0	160	1036	518	785	1570	0	1920			
Ciliados		1570	2000	400	0	200	1570	3520	10456	14129	7850	5495	80	0			
Ciliados+Dinophysis		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mesodinium rubrum</i>		0	0	0	0	0	0	0	2560	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Vorticella</i> sp.		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160	160
Tintinídeo		0	0	0	0	0	1570	1600	1570	518	3140	0	80	0			
Zooplâncton		518	400	0	0	400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pelota		1570	2000	6800	1200	1800	0	0	0	0	785	0	0	0	0	0	0
<b>MICRO (10-20 µm)</b>																	
<i>Chaetocero</i> sp.		0	0	0	10902	0	0	0	5451	0	0	0	0	0	0	0	0
Diatomácea cêntrica		0	0	21804	32707	0	0	0	0	5451	0	0	0	0	0	0	0
Diatomácea																	
Naviculóide		4361	27256	54511	87218	27256	0	0	0	0	0	0	0	21804	27256		
Dinoflagelados		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gimnodineaceo		0	0	0	0	0	43609	0	0	0	0	16353	0	0	0	0	0

Continuação															
Mês	Junho														
Dia	27	29	29	29	29	29	29	30	30	30	30	30	30	30	30
Local	AN27	AN28	AN29	AN30	AN31	AN31	AN31	AN31	AN31	AN33	AN34	AN35	AN36	AN37	AN38
NANO (2-10µm)															
Criptofíceas	185338	0	5451	109022	32707	196240	337969	2322173	2322173	2322173	2322173	2322173	3881191	65413	49060
<i>Cyclotella</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nanoflagelado	1434732	4568031	3281569	7320842	5903553	4884196	4911451	5096789	5096789	5096789	5096789	5096789	7048287	3565027	1978753
															3248862



Águas neríticas												
Mês	Julho											
Dia	4	4	4	4	4	4	11	11	11	11	11	11
Local	AN41	AN42	AN43	AN44	AN45	AN46	AN47	AN48	AN49			
MICROPLÂNCTON												
(>20µm)												
<b>DIATOMÁCEAS</b>												
<i>Actinocyclus</i> sp.	0	0	0	0	0	1570	160	0	0	0	0	0
<i>Amphora</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bidulphia</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Campylosira</i>	0	2355	0	0	0	14914	1120	2560	1440			
Cêntricas NI	120	2355	320	0	0	46313	9640	5120	11840			
<i>Chaetocero</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetocero</i> solitário	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Corethron</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Coscinodiscus</i> spp.	0	0	0	0	160	785	0	640	480			
<i>Cyclotella</i> spp.	60	3140	0	0	0	111464	1600	2560	16160			
<i>Cymatosira lorenziana</i>	240	8635	0	0	0	0	320	0	640			
<i>Dicylum</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Guinardia delicatula</i>	0	0	0	0	0	0	320	0	320			
<i>Licmophora</i> sp.	0	0	0	0	0	785	0	0	0	0	0	0
<i>Melosira</i> spp.	0	3925	0	0	0	785	0	0	160			
<i>Navicula</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Naviculóide NI	40	3925	0	0	160	2355	2400	1280	1920			
<i>Odontela</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pleurosigma</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhizosolenia punges</i>	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhizosolenia robusta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Continuação														
Mês	Julho													
Dia	4	4	4	4	4	11	11	11	11	11	11	11	11	
Local	AN41	AN42	AN43	AN44	AN45	AN46	AN47	AN48	AN49					
<i>Skeletonema</i> spp.	0	1570	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Thalassiosira</i> colônia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Thalassiosira</i> spp.	280	10204	160	320	1920	29828	13920	19040	15680					15680
<i>Thalassionema</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>Diatomáceas total</b>	760	36108	480	320	2240	208799	29480	31200	48640					48640
<b>DINOFLAGELADOS</b>														
<i>Dinophysis acuminata</i>	0	0	320	80	640	0	0	480	160					160
<i>Dinophysis caudata</i>	0	0	160	0	0	0	0	0	0					0
<i>Ceratium</i> spp.	500	51807	1760	5600	3040	785	1600	2880	4800					4800
Dino I	0	0	0	0	0	0	0	0	0					0
Dino NI	260	24334	1120	2400	1920	3925	7520	4640	3520					3520
Dino NI4	20	2355	0	800	320	785	0	0	0					0
<i>Gymnodinium</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0					0
<i>Gyrodinium</i>	40	785	320	2240	160	785	1120	480	2240					2240
<i>Gyrodinium</i> + <i>Dinophysis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0					0
<i>Noctiluca scintillans</i>	0	785	160	320	160	0	0	0	320					320
<i>Noctiluca</i> + <i>Dinophysis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0					0
<i>Ostreopsis</i> sp.	0	3925	800	960	0	0	0	0	0					0
<i>Prorocentrum</i> <i>scutellum</i>	80	19624	26400	34400	1488	1570	7040	15040	3040					3040
<i>P. minimum</i>	0	1570	4480	1280	640	0	0	320	160					160
<i>P. micans</i>	120	3925	800	2560	480	785	160	160	480					480

Continuação														
Mês		Julho												
Dia	4	4	4	4	4	11	11	11	11	11	11	11	11	
Local	AN41	AN42	AN43	AN44	AN45	AN46	AN47	AN48	AN49					
P. sp.2	620	49452	3680	4480	3680	1570	2400	1760	960					
<i>Protoperidinium</i> spp.	60	4710	1600	2560	2400	3140	640	480	960					
<i>Scrippsiella</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
Sp. 2	500	0	1600	480	0	0	0	0	0					
<i>Torodinium robustum</i>	0	0	1120	1280	960	0	640	160	320					
<b>Dinoflagelados total</b>	2200	163272	44320	59440	15888	19624	22240	26400	16960					
<b>OUTROS</b>														
Raphidophyceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
Cocolitoforídeo	5140	22764	3040	0	25280	37678	3680	2720	12320					
Silicoflagelados	40	5495	320	160	0	785	0	160	640					
Ciliados	0	0	3520	320	1120	0	1120	1760	1600					
Ciliados+Dinophysis	0	0	0	640	0	0	0	0	0					
<i>Mesodinium rubrum</i>	0	0	0	0	480	0	0	0	0					
<i>Vorticella</i> sp.	0	0	480	0	160	0	0	0	0					
Tintinídeo	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
Zooplâncton	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
Pelota	0	3140	320	0	0	4710	5760	2080	3040					
<b>MICRO (10-20 µm)</b>														
<i>Chaetocero</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
Diatomácea cêntrica	0	5451	0	0	0	5451	21804	0	16353					
Diatomácea naviculóide	49060	27256	0	0	0	65413	0	21804	32707					

Continuação												
Mês	Julho											
Dia	4	4	4	4	4	4	11	11	11	11	11	11
Local	AN41	AN42	AN43	AN44	AN45	AN46	AN47	AN48	AN49			
Dinoflagelados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Giminodineaceo	0	0	5451	16353	0	0	0	0	0	0	0	0
NANO (2-10µm)												
Criptofíceas	87218	746802	141729	899433	49060	152631	98120	98120	70864			
<i>Cyclotella</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nanoflagelado	3210704	2403940	3930251	2224053	4698858	5554682	3843033	3843033	3009013			

9.4 Concentração de Ácido Ocadáico( $\text{ng.L}^{-1}$ ) nas amostras da Baía de Guaratuba (BG), Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP) e Águas neríticas (AN)

<b>Baía de Guaratuba</b>		
Código	Data	Ácido Ocadáico ( $\text{ng.L}^{-1}$ )
BG1	15/06/2016	510,9
BG2	15/06/2016	386,5
BG3	21/06/2016	4008,3
BG4	21/06/2016	2110,4
BG5	21/06/2016	1721,5
BG6	23/06/2016	147,4
BG7	23/06/2016	4810,5
BG8	23/06/2016	NA
BG9	23/06/2016	2011,0
BG10	24/06/2016	NA
BG11	25/06/2016	160,5
BG12	25/06/2016	69,0
BG13	25/06/2016	NA
BG14	27/06/2016	82,0
BG15	27/06/2016	87,8
BG16	28/06/2016	78,0
BG17	28/06/2016	41,4
BG18	29/06/2016	642,5
BG19	29/06/2016	36,6
BG20	29/06/2016	35,6
BG21	04/07/2016	NA
BG22	06/07/2016	14,7
BG23	11/07/2016	125,3
BG24	13/07/2016	13,0
BG25	10/08/2016	NA
<b>Baía de Paranaguá</b>		
Código	Data	Ácido Ocadáico ( $\text{ng.L}^{-1}$ )
BP1	14/06/2016	7479,7
BP2	14/06/2016	4781,9
BP3	14/06/2016	12258,2
BP4	16/06/2016	NA
BP5	15/06/2016	2179,1
BP6	15/06/2016	66,97
BP7	15/06/2016	253,09
BP8	16/06/2016	NA
BP9	20/06/2016	2544,8
BP10	20/06/2016	2692,5

Continuação		
Baía de Paranaguá		
Código	Data	Ácido Ocadáico (ng.L <sup>-1</sup> )
BP11	20/06/2016	1001,7
BP12	20/06/2016	2366,0
BP14	20/06/2016	243,45
BP15	20/06/2016	244,69
BP16	24/06/2016	2203,8
BP17	24/06/2016	2683,6
BP18	24/06/2016	3948,8
BP19	24/06/2016	NA
BP20	25/06/2016	NA
BP21	29/06/2016	1127
BP22	29/06/2016	210,2
BP23	29/06/2016	NA
BP24	29/06/2016	928,7
BP25	30/06/2016	125,3
BP26	30/06/2016	288,5
BP27	30/06/2016	150,2
BP28	30/06/2016	202,1
BP29	30/06/2016	295,8
BP30	04/07/2016	NA
Praias e Águas neríticas		
Código	Data	Ácido Ocadáico (ng.L <sup>-1</sup> )
AN1	16/06/2016	267972
AN2	17/06/2016	1281,97
AN3	21/06/2016	4018,76
AN4	21/06/2016	1742,17
AN5	21/06/2016	3710,08
AN6	23/06/2016	5684,22
AN7	23/06/2016	8387,97
AN8	23/06/2016	6563,11
AN9	23/06/2016	4480,61
AN10	24/06/2016	4564
AN11	24/06/2016	13226
AN12	24/06/2016	9341
AN13	24/06/2016	586
AN14	24/06/2016	10417
AN15	24/06/2016	6424
AN16	24/06/2016	2139,5
AN17	24/06/2016	1248,0
AN18	24/06/2016	3030,6
AN19	25/06/2016	NA



Continuação		
Praias e Águas neríticas		
Código	Data	Ácido Ocadáico (ng.L <sup>-1</sup> )
AN20	25/06/2016	NA
AN21	25/06/2016	NA
AN22	25/06/2016	NA
AN23	27/06/2016	939
AN24	27/06/2016	142
AN25	27/06/2016	276
AN26	27/06/2016	4108
AN27	27/06/2016	1543
AN28	29/06/2016	1080,65
AN29	29/06/2016	NA
AN30	29/06/2016	802,14
AN31	29/06/2016	873,97
AN32	30/06/2016	279
AN33	30/06/2016	240
AN34	30/06/2016	73
AN35	30/06/2016	153,1
AN36	30/06/2016	47,7
AN37	30/06/2016	0
AN38	01/07/2016	NA
AN39	04/07/2016	NA
AN40	04/07/2016	NA
AN41	04/07/2016	NA
AN42	04/07/2016	NA
AN43	04/07/2016	NA
AN44	04/07/2016	NA
AN45	04/07/2016	NA
AN46	11/07/2016	13,07
AN47	11/07/2016	8,78
AN48	11/07/2016	11,03
AN49	11/07/2016	11,50

